

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE  
HUAMANGA**

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**



**“DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON  
FINES DE RIEGO DE LAS ÁREAS VERDES EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA  
- UNSCH. AYACUCHO, 2013”**

Tesis para Obtener el Título Profesional de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

Presentado Por:

**SERAPIO FLORES LLANTOY**

**AYACUCHO - PERÚ**

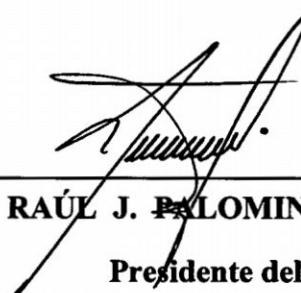
**2014**

Tesis  
Ag 1088  
Fló  
Cj. 1

**“DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES  
CON FINES DE RIEGO DE LAS AREAS VERDES EN LA CIUDAD  
UNIVERSITARIA – UNSCH. AYACUCHO, 2013”**

**Recomendado : 24 de setiembre de 2014**

**Aprobado : 16 de octubre de 2014**



---

**Dr. RAÚL J. PALOMINO MARCATOMA**

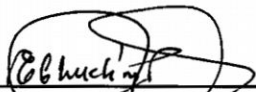
**Presidente del Jurado**



---

**M. Sc. RUBÉN A. MENESES ROJAS**

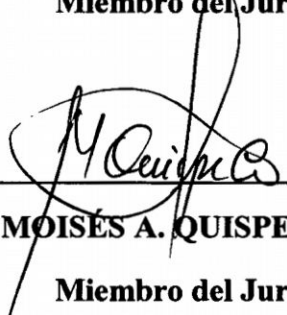
**Miembro del Jurado**



---

**Ing. EFRAÍN CHUCHÓN PRADO**


**Miembro del Jurado**



---

**Ing. MOISÉS A. QUISPE CADENAS**

**Miembro del Jurado**



---

**Dr. ROMULO AGUSTÍN SOLANO RAMOS**

**Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias**

## DEDICATORIA

*A la memoria de mis Padres (†), por iluminar mi camino y concederme fortaleza y sabiduría para culminar mi meta y cumplir el sueño que siempre quise.*

*Con todo cariño a mis familiares que me brindaron apoyo incondicional, en todo momento de mi vida, por sus enseñanzas, consejos y orientación en mi formación profesional de la ingeniería.*

*A la madre de mi hija, por estar conmigo y por ser mi apoyo incondicional y a mi hija Rashel Shantal por ser la inspiración para poder superarme y por darme sonrisa en cada momento.*

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, Facultad de Ciencias Agrarias, Escuela de formación Profesional de Agronomía, por formarme como profesional y a todos los docentes catedráticos por compartir sus conocimientos y enseñanzas.

Al Ing. Moisés Quispe Cadenas, por su asesoramiento, aporte y colaboración en el desarrollo y conducción del presente trabajo de tesis.

Mi reconocimiento a aquellas personas que directa e indirectamente contribuyeron en la materialización del presente trabajo de tesis.

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE CUADROS	xii
ÍNDICE DE FIGURAS	xvii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xix
ÍNDICE DE ESQUEMAS	xxi
LISTA DE ABREVIATURAS	xxii
ÍNDICE DE PLANOS	xxiii
RESUMEN	xxiv
INTRODUCCION	1
<b>CAPITULO I: REVISION BIBLIOGRAFICA</b>	<b>4</b>
1.1. ENFOQUE HISTÓRICO MUNDIAL DEL RECURSO AGUA	4
1.2. REÚSO DE AGUAS RESIDUALES PARA RIEGO AGRÍCOLA	6
1.3. APLICACIÓN DE LODOS EN SUELO AGRÍCOLA.	9
1.4. MARCO NORMATIVO	10
1.1.1. MARCO LEGAL NACIONAL	11
1.1.2. AUTORIDADES QUE VIGILAN EL RECURSO HIDRICO	17
1.5. SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES	19
1.5.1. SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO	19
1.5.2. DISEÑO DE REDES DE ALCANTARILLADO	21
1.5.2.1. FÓRMULAS PARA EL DISEÑO	21
1.5.2.2. COEFICIENTE DE RUGOSIDAD	23

1.5.2.3.	DIÁMETRO MÍNIMO DE ALCANTARILLAS	23
1.5.2.4.	VELOCIDAD MÍNIMA Y MÁXIMA DE ALCANTARILLADO	23
1.5.2.5.	PENDIENTE EN ALCANTARILLADOS	24
1.5.3.	SISTEMA DE ALCANTARILLADO EN EL PERU.	24
1.6.	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	25
1.6.1.	DEFINICIÓN DE AGUA RESIDUAL	25
1.6.2.	CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA	26
1.6.2.1.	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	27
a.	PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN, (SÓLIDOS TOTALES)	27
b.	OLORES.	28
c.	TEMPERATURA.	28
d.	DENSIDAD	29
e.	COLOR	29
f.	TURBIEDAD	29
1.6.2.2.	CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	30
a.	MATERIA ORGANICA.	30
b.	GRASAS Y ACEITES.	30
c.	MEDIDA DEL CONTENIDO ORGÁNICO	31
d.	PH	32
e.	ALCALINIDAD.	32
f.	NITRÓGENO	33
g.	FÓSFORO.	33
h.	AZUFRE	33
i.	COMPUESTOS TÓXICOS INORGÁNICOS.	34

j.	METALES PESADOS	34
k.	GASES	34
l.	OXIGENO DISUELTO	35
m.	SULFURO DE HIDROGENO	35
n.	METANO	35
1.6.2.3.	CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS	36
a.	MICROORGANISMOS	36
b.	BACTERIAS	37
c.	HONGOS	39
d.	ALGAS	39
e.	PROTOZOOS	39
f.	VIRUS	40
g.	ORGANISMOS PATOGENOS	40
h.	ORGANISMOS INDICADORES	40
1.6.3.	CONTAMINANTES DE IMPORTANCIA EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL.	41
1.6.4.	CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES	43
1.6.4.1.	OPERACIONES UNITARIAS FÍSICAS	43
1.6.4.2.	PROCESOS UNITARIOS QUÍMICOS.	43
1.6.4.3.	PROCESOS UNITARIOS BIOLÓGICOS	43
1.6.5.	GRADO DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES	44
1.6.5.1.	PRE-TRATAMIENTO	46
A.	REJILLAS	47

B. DESARENADOR	52
1.6.5.2. TRATAMIENTO PRIMARIO	56
A. TANQUE IMHOFF.	57
1.6.5.3. TRATAMIENTO SECUNDARIO	65
1.6.5.3.1. PROCESO ANAEROBIO	66
A. FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE (FAFA)	66
1.6.5.3.2. PROCESO AEROBIO	70
A. FILTROS PERCOLADORES BIOLÓGICOS	71
1.6.5.4. TRATAMIENTO DE LODOS	75
A. LECHO DE SECADO	76
1.7. SISTEMA DE BOMBEO – TUBERÍA	79
1.7.1. LINEA DE GRADIENTE HIDRAULICO (BOMBA – TUBERÍA).	79
1.7.2. SISTEMAS DE BOMBEO	82
1.7.2.1. BOMBAS	82
1.7.2.2. TIPOS Y CARACTERÍSTICAS	82
1.7.2.3. CURVA CARACTERÍSTICA DE UN SISTEMA BOMBA-TUBERÍA	84
1.7.3. CAUDAL DE BOMBEO	86
1.7.4. DIAMETRO DE LA TUBERÍA DE SUCCIÓN	87
1.7.5. DIAMETRO DE LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN	87
1.8. DISEÑO DE RESERVORIO O REGULACION	89
1.8.1 CAPACIDAD DEL RESERVORIO.	89
1.8.2. TIPOS DE RESERVORIOS	90
1.8.3. CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DEL RESERVORIO	90
1.9. FLUJO EN TUBERIAS	91

1.9.1. REDES EN TUBERIAS DE CONDUCCION	91
1.9.2. ECUACIONES PARA EL DISEÑO DE TUBERIAS CIRCULARES.	91
A. EFECTOS DE VISCOSIDAD	91
B. RUGOSIDAD	92
C. RESISTENCIA DE SUPERFICIE EN EL MOVIMIENTO UNIFORME.	93
1.9.3. CONCEPTO DE PÉRDIDA DE CARGA	98
1.9.4. RED DE DISTRIBUCION.	102
1.9.4.1. ANALISIS HIDRAULICO DE RED DE DISTRIBUCION.	103
1.9.4.2. DOTACIONES DE AGUA PARA DIFERENTES SOLICITACIONES.	104
1.9.4.3. VARIACIONES PERIODICAS.	107
1.10. NECESIDADES HIDRICAS DE LAS AREAS VERDES	109
1.10.1. EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA O POTENCIAL ( $ETP = ET_0$ )	110
1.10.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL O ACTUAL O DE CULTIVO ( $ETA = ETC$ )	110
1.10.3. COEFICIENTE DE CULTIVO	111
1.10.4. METODOS PARA ESTIMAR LA $ETP = ET_0$	112
1.10.5. PRECIPITACION EFECTIVA	116
1.10.5.1. DEMANDA NETA ( $D_n$ )	118
1.10.5.2. DEMANDA BRUTA ( $D_b$ )	118
1.10.5.3. DESCRIPCION DE LA PLANTA CULTIVADA	119
1.11. CALIDAD DE AGUAS PARA EL RIEGO	120
1.11.1. DEFINICION DE CALIDAD DE AGUAS PARA EL RIEGO	120
1.11.2. USO DE AGUA RESIDUAL TRATADA PARA EL RIEGO DE AREAS VERDES	122
1.11.3. VENTAJAS Y LIMITACIONES DEL USO DE AGUAS RESIDUALES	122

<b>CAPITULO II: MATERIALES Y METODOS</b>	<b>127</b>
2.1. DESCRIPCION DEL TRABAJO DE INVESTIGACION	127
2.1.1. UBICACIÓN	127
2.1.2. LOCALIZACION Y TOPOGRAFIA DEL AREA DE ESTUDIO	127
2.1.3. CARACTERISTICAS CLIMATICAS	129
2.2. MATERIALES Y EQUIPOS	130
2.2.1. MATERIALES DE CAMPO	131
2.3. METODOLOGIA DE TRABAJO	131
2.3.1. TRABAJO DE CAMPO	131
2.3.2. TRABAJO DE LABORATORIO	132
2.3.3. TRABAJO DE GABINETE	133
2.4. PROCEDIMIENTO METODOLOGICO	133
2.4.1. DATOS DE POBLACION	133
2.4.2. SERVICIOS ACTUALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA (UNSCH)	142
A) SERVICIOS BASICOS	142
B) INVENTARIO AMBIENTAL	146
C) SERVICIOS SANITARIOS EXISTENTES	147
2.4.3. UNIDADES ACADEMICAS QUE BRINDA LA UNIVERSIDAD	148
2.4.4. SERVICIOS COMPLEMENTARIOS	149
2.4.5. LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES	150
2.4.6. IDENTIFICACION Y UBICACIÓN DE LAS AREAS VERDES ACTUALES	246

<b>CAPITULO III: RESULTADOS Y DISCUSION</b>	<b>154</b>
3.1. DESCRIPCION DEL PROCESO DE DISEÑO	154
3.1.1. POBLACION UNIVERSITARIA DE DISEÑO	154
3.1.2. CAUDAL DE DISEÑO DE LAS AGUAS RESIDUALES	159
3.1.3. SISTEMA DE ALCANTARILLADO	161
3.1.4. DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	165
3.1.4.1. CARACTERIZACION Y ANALISIS EXPERIMENTALES DE AGUAS RESIDUALES	165
3.1.4.2. CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS - BIOLÓGICO DE LAS AGUAS RESIDUALES	178
3.1.4.3. TRATAMIENTO PRELIMINAR	180
a. CANAL DE ENTRADA	180
b. CAMARA DE REJAS	182
c. DESARENADOR	189
3.1.4.4. TRATAMIENTO PRIMARIO	193
a. TANQUE IMHOFF	193
3.1.4.5. TRATAMIENTO SECUNDARIO	204
A. FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE (FAFA)	204
B. FILTRO PERCOLADOR BIOLÓGICO	207
3.1.4.6. TRATAMIENTO DE LODOS	211
A. LECHO DE SECADO	211
3.1.5. DISEÑO DE SISTEMA DE BOMBEO	213
3.1.5.1. NECESIDADES HIDRICAS DEL CULTIVO	213
3.1.5.2. CAUDAL DE BOMBEO	224

3.1.5.3. DIÁMETRO DE LA TUBERÍA DE SUCCIÓN	225
3.1.5.4. DIÁMETRO DE LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN	225
3.1.5.5. ALTURA MANOMÉTRICA DE BOMBEO	226
a. PERDIDAS DE CARGAS POR FRICCIÓN (hf)	228
b. PERDIDAS DE CARGAS LOCALES (ACCESORIOS)	230
3.1.5.6. POTENCIA DEL EQUIPO DE BOMBEO	231
3.1.5.7. COMPROBACION DEL DISEÑO DE TUBERIAS.	232
3.1.6. VOLUMEN DEL RESERVORIO	235
3.1.7. DISEÑO HIDRÁULICO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN	236
3.2. PROPUESTA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	245
3.2.1. UBICACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	246
3.2.2. AREA REQUERIDA DE CADA COMPONENTE	246
3.2.3. SELECCIÓN DEL PROCESO SINTESIS Y ANALISIS.	248
3.2.3.1. TRATAMIENTO PRELIMINAR	249
3.2.3.2. TRATAMIENTO PRIMARIO, REMOCION PARCIAL DE SOLIDOS SUSPENDIDOS Y LODOS.	250
3.2.3.3. TRATAMIENTO SECUNDARIO	250
3.2.4. DESCRIPCION DEL PROCESO	250
3.2.5. CARACTERISTICAS DEL AGUA RESIDUAL	252
3.3. COSTOS DE INVERSION, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA – UNSCH.	254
3.4. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL	256

3.4.1. CRITERIOS CONSIDERADOS PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.	257
3.4.2. SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES INTERACTUANTES	258
3.4.2.1. ACTIVIDADES RELEVANTES DEL PROYECTO	259
3.4.2.2. COMPONENTES AMBIENTALES QUE PODRÍAN SUFRIR IMPACTOS	261
3.4.3. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE POTENCIALES IMPACTOS AMBIENTALES	262
3.4.4. ANALISIS DE LA MATRIZ DE LEOPOLD	264
3.4.5. BENEFICIOS DEL PROYECTO	268
3.4.6. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS AGUAS RESIDUALES.	268
<b>CAPITULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>271</b>
4.1. CONCLUSIONES	271
4.2. RECOMENDACIONES	273
<b>REVISION BIBLIOGRAFICA</b>	<b>274</b>
<b>ANEXOS:</b>	
ANEXO N° 01: FOTOGRAFIAS	
ANEXO N° 02: ANÁLISIS DE AGUAS RESIDUALES	
ANEXO N° 03: ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA	
ANEXO N° 04: REGISTRO DE LECTURAS DE CONSUMO DE AGUA – EPSASA	
ANEXO N° 05: PAGO DE RECIBO POR MES	
ANEXO N° 06: COPIA DE RECIBO DE AGUA – EPSASA	
ANEXO N° 07: PLANOS	

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro N° 1.1. Clasificación de las Aguas.	12
Cuadro N° 1.2. Límite Máximo Permisible para cada tipo de agua.	12
Cuadro N° 1.3. Cuadro de Normas Legales de Aguas y Efluentes Líquidos.	16
Cuadro N° 1.4: Tipos de alcantarillado en una red.	20
Cuadro N° 1.5. Clasificación de algunos de los parámetros del agua residual	26
Cuadro N° 1.6. Clasificación de los Microorganismos	37
Cuadro N° 1.7. Composición de Excretas	38
Cuadro N° 1.8. Parámetros en descargas de aguas residuales y aportes por persona	41
Cuadro N° 1.9. Contaminantes de importancia en el agua residual	42
Cuadro N° 1.10. Remoción esperada de materia orgánica, sólidos en suspensión y microorganismos patógenos, según el tipo de procesos de tratamiento de aguas residuales.	45
Cuadro N° 1.11. Rango de eficiencia observada para el tratamiento de agua residual con Tanque Imhoff, FAFA y filtro biológico aireado.	46
Cuadro N° 1.12. Parámetros de diseño de Cámara de Rejas.	47
Cuadro N° 1.13. Parámetros de diseño del Desarenador	53
Cuadro N° 1.14. Parámetros de diseño de Tanque Imhoff	58
Cuadro N° 1.15. Parámetros Temperatura – Factor de Capacidad Relativa.	63
Cuadro N° 1.16. Parámetros Temperatura – Frecuencia de remoción de lodos.	64
Cuadro N° 1.17. Constantes Empíricas	65
Cuadro N° 1.18. Parámetros de diseño para el Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)	67
Cuadro N° 1.19. Caudal recomendado según tiempo de retención requerido	68
Cuadro N° 1.20: Concentraciones de M.O según el tiempo de retención	69
Cuadro N° 1.21: Parámetros de diseño del Filtro Percolador Biológico	72

Cuadro N° 1.22: Composición típica de los lodos	76
Cuadro N° 1.23: Producción de lodos en litros por persona por día	76
Cuadro N° 1.24: Propiedades físicas del agua	97
Cuadro N° 1.25: Rugosidad Absoluta de Materiales.	98
Cuadro N° 1.26: Pérdida de carga en Accesorios	100
Cuadro N° 1.27: Características de las tuberías NTP ISO 4422	101
Cuadro N° 1.28: Tuberías de Presión PVC - U NTP ISO 1452	101
Cuadro N° 1.29. Velocidades recomendadas para fluidos en tuberías.	103
Cuadro N° 1.30: Cuadro de Cálculo de diámetro de tuberías.	104
Cuadro N° 1.31. Dotaciones domésticas de agua	105
Cuadro N° 1.32. Cuadro Comparativo de Dotaciones de agua	106
Cuadro N° 1.33. Duración de la insolación diaria para el día 15 de cada mes	115
Cuadro N° 1.34. Radiación Extraterrestre $R_a$ Expresada en Equivalente de Evaporación (mm/día)	115
Cuadro N° 1.35. Factor de Evapotranspiración Potencial (MF) en mm/mes	116
Cuadro N° 1.36. Porcentaje de precipitación efectiva.	118
Cuadro N° 1.37. Eficiencia de aplicación ( $E_a$ ) esperable con distintos métodos de riego	119
Cuadro N° 1.38. Evapotranspiración del cultivo de referencia ( $ET_0$ ).	119
Cuadro N° 1.39. Niveles máximos para metales en cultivos agrícolas	120
Cuadro N° 1.40. Rendimiento de algunos cultivos	124
Cuadro N° 1.41. Rendimiento de algunos cultivos en el Perú.	124
Cuadro N° 1.42. Cultivos tolerantes con aguas residuales.	126
Cuadro N° 2.1: Población Estudiantil, Docentes y Personal Administrativos entre los años 2000 - 2013	134

Cuadro Nº 2.2. Matriculado 1990 – 2011 por Escuela de Formación Profesional	136
Cuadro Nº 2.3. Docentes 1981 – 2011 Nombrados y contratados por departamento Académico y Condición Laboral	138
Cuadro Nº 2.4. Personal Administrativo (1990 – 2011) Nombrados y Contratados por Niveles	140
Cuadro Nº 2.5. Tarifa por el servicio de Agua y Alcantarillado	144
Cuadro Nº 2.6. Control de Suministro mensual de Agua y Desagüe correspondiente a los años 2010 – 2013.	144
Cuadro Nº 2.7: Inventariado de Ambientes de la Ciudad Universitaria.	146
Cuadro Nº 2.8: Servicios Sanitarios Existentes	147
Cuadro Nº 2.9: Relación de Escuelas de Formación Profesional	148
Cuadro Nº 2.10: Coordenadas de los puntos de muestreo de aguas residuales	151
Cuadro Nº 2.11: Identificación y Ubicación de las Áreas verdes.	152
Cuadro Nº 3.1: Variables de la población de la Ciudad Universitaria.	156
Cuadro Nº 3.2: Valores de pH, turbiedad, conductividad, sales, Alcalinidad, dureza cálcica, dureza total, cloruros, dureza magnésica en aguas residuales generadas en la Ciudad Universitaria.	166
Cuadro Nº 3.3: Resultados de los Solidos Disueltos, suspendidos, totales y sedimentales, en aguas residuales generadas en la Ciudad Universitaria.	171
Cuadro Nº 3.4: Resultados de la Demanda química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5).	172
Cuadro Nº 3.5: Resultados de Sulfatos, nitratos, fosfatos, en aguas residuales generadas en la Ciudad Universitaria.	174
Cuadro Nº 3.6: Resultados de Materia Orgánica, Aceites y Grasas en aguas residuales generadas en la Ciudad Universitaria.	175

Cuadro N° 3.7: Resultados de números de Coliformes fecales en aguas residuales generadas en la Ciudad Universitaria.	176
Cuadro N° 3.8: Resultados de las concentraciones de Metales (mg/L) en aguas residuales generadas en la Ciudad Universitaria.	177
Cuadro N° 3.9: Valores representativos de los Análisis de Laboratorio.	178
Cuadro N° 3.10: Grado de Remoción de cada Fase de Tratamiento.	179
Cuadro N° 3.11: Cuadro Comparativo entre LMP, Análisis de Laboratorio y Efluente final.	179
Cuadro N° 3.12. Diámetro de Partículas y su respectiva velocidad.	189
Cuadro N° 3.13: Parámetros Temperatura – Factor de Capacidad Relativa.	198
Cuadro N° 3.14. Resumen de las dimensiones del tanque Imhoff	202
Cuadro N° 3.15. Constantes Empíricas	203
Cuadro N° 3.16: Registro de Temperaturas Máxima Absolutas Diarias (°C)	214
Cuadro N° 3.17: Registro de Temperaturas Mínimas Absolutas Diarias (°C)	215
Cuadro N° 3.18. Temperaturas Medias Mensual (TMM , °C)	216
Cuadro N° 3.19: Registro de Precipitaciones Mensual (mm)	216
Cuadro N° 3.20: Factor Mensual Latitud Sur (MF)	217
Cuadro N° 3.21. Obtención de ETo	218
Cuadro N° 3.22. Resultados de los percentiles al 25%, 50%, 75% y 95% por meses.	220
Cuadro N° 3.23. Distribución de la Precipitación Efectiva por el método WPRS- USA.	221
Cuadro N° 3.24. Calculo de la Precipitación Efectiva por meses.	221
Cuadro N° 3.25. Cedula de cultivo de Kikuyo pennisetum	222
Cuadro N° 3.26. Balance Hídrico por el Método de Hargreaves	223
Cuadro N° 3.27. Características de la Bomba	228
Cuadro N° 3.28: Pérdida de Accesorios en la Bomba y Línea de Impulsión.	230

Cuadro N° 3.29. Características de la Tubería.	233
Cuadro N° 3.30. Iteraciones para la obtención de la velocidad, hf, hm	234
Cuadro N°3.31. Longitudes de los tramos de tuberías de la red de distribución y datos altimétricos de los nodos	237
Cuadro N° 3.32. Calculo del caudal (m <sup>3</sup> /s) de la red de distribución – Sistema ramificado.	238
Cuadro N° 3.33. Calculo del Diámetro (") de la red de distribución – Sistema ramificado.	240
Cuadro N° 3.34. Calculo de la Velocidad (m/s) en la red de distribución – Sistema ramificado.	242
Cuadro N°3.35. Calculo de la Presión (m H <sub>2</sub> O) en la red de distribución – Sistema ramificado.	244
Cuadro N° 3.36. Componentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.	215
Cuadro N° 3.37: Composición del Agua Residual obtenida en la Ciudad Universitaria	252
Cuadro N° 3.38. Rendimiento Esperado del tratamiento de aguas residuales.	220
Cuadro N° 3.39. Límites Máximos Permisibles establecidos por el Ministerio de Ambiente (MINAM)	253
Cuadro N° 3.40. Costo de Inversión de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.	254
Cuadro N° 3.41. Costo de Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.	255
Cuadro N° 3.42. Costo de Producción de m <sup>3</sup> de Agua Residual.	256
Cuadro N° 3.43. Ponderación de la magnitud del Impacto	258
Cuadro N° 3.44. Ponderación de naturaleza del impacto	258
Cuadro N° 3.45. Ponderación de Importancia del impacto	258
Cuadro N° 3.46. Componentes Ambientales	261
Cuadro N° 3.47. Matriz de Impactos Ambientales	263

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1.1. Distribución mundial del agua	5
Figura N° 1.2. Distribución del agua dulce superficial fácilmente accesible	6
Figura N° 1.3. Eliminación de lodos en la UE en 1994	9
Figura N° 1.4. Manejo del agua residual	15
Figura N° 1.5. Rejilla fija con limpieza manual	48
Figura N° 1.6. Desarenadores de flujo horizontal en paralelo	54
Figura N° 1.7. Vista frontal del Tanque Imhoff	59
Figura N° 1.8. Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)	68
Figura N° 1.9. Vista Panorámica de un Filtro Percolador Biológico.	72
Figura N° 1.10: Lecho de Secado.	77
Figura N° 1.11. Líneas de gradiente Hidráulico y energía total (Sistema por bombeo)	80
Figura N° 1.12: Altura de elevación de una bomba	82
Figura N° 1.13: Tipos de Bombas.	83
Figura N° 1.14. Curvas Características de las bombas.	84
Figura N° 1.15. Eficiencia vs Caudal	85
Figura N° 1.16. Curva de variaciones horarias del día de máximo consumo	90
Figura N° 1.17. Trayectoria de las partículas en un Flujo Laminar.	92
Figura N° 1.18. Trayectoria de las partículas en un Flujo Turbulentos con componentes de velocidad en direcciones distintas.	92
Figura N° 1.19. Aspereza del contorno de la tubería.	93
Figura N° 1.20. Línea de Gradiente Hidráulico en tuberías.	93
Figura N° 1.21. Pérdida de carga local	99
Figura N° 1.20. Distribución por gravedad.	102

Figura N° 1.21. Necesidades de agua de las Plantas.	109
Figura N° 1.22. Curva típica de evapotranspiración de referencia (ET <sub>o</sub> )	110
Figura N° 1.23. Expresión para el cálculo de la evapotranspiración (ETA)	111
Figura N° 1.24. Curvas real y teórica típicas de coeficiente de cultivo para especies anuales, según las diferentes fases de desarrollo	112
Figura N° 2.1: Vista Aerea de la Ciudad Universitaria de la UNSCH.	128
Figura N° 2.2. Localización de puntos de muestreo de aguas residuales	151
Figura N° 3.1: Determinación de las Características Hidráulicas y Velocidad.	163
Figura N° 3.2: Detalle de Sección Transversal de Canal de Entrada	181
Figura N° 3.3: Vista en planta y perfil de la Cámara de Rejas.	188
Figura N° 3.4: Vista en Planta y Perfil del Desarenador	193
Figura N° 3.5: Área de Ventilación del Tanque Imhoff	200
Figura N° 3.6: Altura total del Tanque Imhoff	201
Figura N° 3.7: Forma geométrica del Tanque Imhoff.	202
Figura N° 3.8: Sistema de Bombeo - Diseño de Línea de Impulsión en la Ciudad Universitaria	227
Figura N° 3.9: Dimensionamiento del Reservorio Circular	236
Figura N° 3.10: Ubicación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, Distribución de la Red y Reservorio.	214

## ÍNDICE DE GRAFICOS

Gráfico N° 1.1: Riego con aguas servidas en el Perú	9
Gráfico N° 1.2: Manejo del Agua Residual	12
Gráfico N° 2.1: Población Universitaria	135
Gráfico N° 2.2: Matriculados Pregrado 1996 – 2012 (I y II Semestre Académico)	137
Gráfico N° 2.3: Docentes 2000 – 2012 (I y II Semestre Académico)	139
Gráfico N° 2.4: Personal Administrativos por Semestre Académico Periodo 2000 - 2011	141
Gráfico N° 2.5: Facturación mensual, por el uso de la red de agua y alcantarillado	145
Gráfico N° 2.6: Importe Anuales correspondiente a los años 2010 – 2013.	146
Gráfico N° 3.1: Crecimiento Poblacional de la ciudad Universitaria mediante la ecuación de regresión Lineal Simple.	158
Gráfico N° 3.2: Comportamiento del pH en las aguas residuales de los puntos de muestreo.	166
Gráfico N° 3.3: Comportamiento de la Turbiedad en las aguas residuales de los puntos de muestreo.	167
Gráfico N° 3.4: Comportamiento de la Conductividad en las aguas residuales de los puntos de muestreo.	168
Gráfico N° 3.5: Comportamiento de la Concentración de Sales en las aguas residuales de los puntos de muestreo.	168
Gráfico N° 3.6: Comportamiento de alcalinidad en las aguas residuales de los puntos de muestreo.	169
Gráfico N° 3.7: Comportamiento de dureza y cloruros en las aguas residuales de los puntos de muestreo.	170
Gráfico N° 3.8: Comportamiento de Concentraciones de sólidos en las aguas residuales de los puntos de muestreo.	171

Gráfico N° 3.9: Comportamiento de la DBO5 en las aguas residuales de los puntos de muestreo.	172
Gráfico N° 3.10: Comportamiento de la DQO en las aguas residuales de los puntos de muestreo.	173
Gráfico N° 3.11: Comportamiento del sulfato, nitrato y fosfato en las aguas residuales de los puntos de muestreo.	174
Gráfico N° 3.12: Comportamiento del Materia Orgánico y Aceites - Grasas en las aguas residuales de los puntos de muestreo.	175
Gráfica N° 3.13: Comportamiento de los Coliformes en las aguas residuales de los puntos de muestreo.	176
Gráfico N° 3.14: Evapotranspiración Potencial Mensual.	219
Gráfico N° 3.15: Precipitación efectiva (mm) por meses	222

## ÍNDICE DE ESQUEMAS

Esquema N° 1.1: Componentes de un alcantarillado	20
Esquema N° 1.2: Etapas del tratamiento de aguas residuales	44
Esquema N° 1.3: Grado de Remoción en cada Tratamiento.	45
Esquema N° 1.4: Etapas del tratamiento de aguas residuales, subproductos y disposición final.	36
Esquema N°3.1: Diagrama de Operaciones Propuesto para el Tratamiento de Agua Residual generado en la Ciudad Universitaria.	249

## LISTA DE ABREVIATURAS

1. ANA : Autoridad Nacional del Agua
2. C.E. : Conductividad Eléctrica
3. DBO<sub>5</sub> : Demanda Bioquímica de Oxígeno
4. DQO : Demanda Química de Oxígeno
5. DIGESA : Dirección General de Salud Ambiental
6. FAFA : Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente
7. ETP = ET<sub>0</sub> : Evapotranspiración de Referencia o Potencial
8. ETA = ETC : Evapotranspiración Real o Actual de Cultivo
9. MINAM : Ministerio del Ambiente
10. PTAR : Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
11. pH : Potencial de Hidrogeno
12. Kc : Coeficiente de Cultivo
13. RNE : Reglamento Nacional de Edificaciones.
14. SUNASS : Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento
15. NMP : Numero más probable.
16. UASB : Upflow Anaerobic Sludge Blanket ó Reactor Anaeróbico de Flujo Ascendente (RAFA)
17. UNT : Unidad Nefelométrica de Turbidez

## ÍNDICE DE PLANOS

Plano N° 01: Ubicación y Localización	UL – 01
Plano N° 02: Topografía de la Ciudad Universitaria	TP - 01
Plano N° 03: Red de Alcantarillado existente y Localización de Puntos de Muestreo	L – 01
Plano N° 04: Red de Alcantarillado Proyectado	L – 02
Plano N° 05: Modelamiento Hidráulico de la Red de Conducción y Distribución	L – 03
Plano N° 06: Perfil Longitudinal de la Línea de Impulsión	L – 04
Plano N° 07: Cámara de Rejas	PT – 01
Plano N° 08: Desarenador	PT – 02
Plano N° 09: Tanque Imhoff	PT – 03
Plano N° 10: Lecho de Secado	PT – 04
Plano N° 11: Filtro Anaerobio de flujo Ascendente y Filtro Percolador Biológico	PT – 05
Plano N° 12: Distribución de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales	PT - 06

## RESUMEN

El presente trabajo tesis se realizó en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, iniciándose en el mes de Febrero del año 2013 y finalizándose el 31 de Diciembre del 2013; y el motivo principal por el cual me atrevo a realizar el trabajo, es el, de plantear una estrategia de solución adecuada, funcional, ejecutable y sobre todo sostenible al problema de la falta de agua para el regadío de las áreas en la Ciudad Universitaria San Cristóbal de Huamanga, mediante un sistema de Planta de Tratamiento de aguas residuales (PTAR) que pueda satisfacer las demandas específicas de cada área verde.

La primera información con la que se contó para el diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, es el boletín Estadístico 2011 – 2012 – 2013, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, donde se observa la evolución de la población estudiantil desde el año 2000 hasta el año 2013. Para el presente trabajo de tesis, se ha realizado una proyección de la población estudiantil al año 2034, con 20 años de periodo de diseño, con una población futura de 16,831 habitantes entre estudiantes, docentes y administrativos.

Para el análisis experimental de las aguas residuales se determinó 05 muestras (Entrada Cono Oeste Unsch (Bz – 02), Unión Facultades (Bz – 09), Unión Facultades (Bz – 12), FACEA (Bz – 13) y Puerta N° 02 (Bz – 28)), los muestreos realizados se dieron con frecuencia durante el día, por la misma variación de la temperatura y clima, siendo el análisis de laboratorio DBO<sub>5</sub>, Coliformes Fecales y SST con 117.40 mg/L, 2.87E+06 NMP/100 ml y 1140.06 mg/L respectivamente y con la propuesta de la Planta de Tratamiento de Aguas residuales se ha obtenido DBO<sub>5</sub>, Coliformes Fecales y SST con 1.10 mg/L, 401.80 NMP/100 ml y 9.69 mg/L.

Con los resultados obtenidos, se procedió a diseñar la Planta de Tratamiento de Aguas residuales proponiéndose según al clima y ubicación geográfica los siguientes componentes como Cámara de Rejas, Desarenador, Tanque Imhoff, Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente y Filtros Percolador Biológicos y se empleara un sistema de bombeo con una potencia de 130 HP y se bombeara por medio de tuberías hasta almacenar las aguas tratadas en un Reservorio de una capacidad de 1000.0 m<sup>3</sup> y su posterior diseño hidráulico de la red de conducción y distribución para obtener el caudal, velocidad, presión y diámetros en base a consideraciones de tipo operacional y a recomendaciones de Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE OS.90), formulas empíricas (Darcy – Weisbach y White Colebrook) y herramientas de software (Microsoft Excel, Wáter CAD, Auto CAD 2013 y Auto CAD CIVIL 2013).

Finalmente esta investigación proporcionara al estudiante y/o profesional interesado en el tema, el conocimiento, pasos y/o metodología para el diseño; por lo cual se proporciona la información suficiente, para poder llevar a cabo el proyecto y la ejecución; la inversión en un proyecto de esta magnitud significaría un renombre importantísimo para la universidad y generaría la atención de otros organismos públicos y privados.

## INTRODUCCION

Debido a la creciente escasez de agua dulce, la necesidad de proteger el medio ambiente y aprovechar económicamente las aguas residuales se ha promovido internacionalmente el reúso controlado de efluentes lo que presenta mejorar importantes áreas agrícolas y verdes siendo este último lo más tolerantes aportándole materias orgánicas y nutrientes.

A fines del siglo XIX, surgió la necesidad de un tratamiento sistemático del agua residual debido a la concentración de la población en las áreas urbanas lo cual causa problemas en la salud pública, debido a la contaminación del agua de abastecimiento, produciendo enfermedades, malos olores y otros inconvenientes. En la región de América Latina y el Caribe, el 49 % de la población tiene servicio de alcantarillado, colectándose diariamente 40 millones de metros cúbicos de agua residual que se vierten a ríos, lagos y mares.

La implementación de sistemas integrados de tratamiento y el uso de aguas residuales deberá considerar la calidad del agua en sus tres dimensiones: sanitaria, agronómica y ambiental.

- ✓ La calidad sanitaria estará determinada por las concentraciones de parásitos, representados por los huevos de helmintos y los coliformes fecales como indicador de

los niveles de bacterias, así como virus causantes de enfermedades entéricas al ser humano.

- ✓ La calidad agronómica estará relacionada con las concentraciones de nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio y oligoelementos), así como de aquellos elementos limitantes o tóxicos para la agricultura, como la salinidad y cantidades excesivas de boro, metales pesados y otros.
- ✓ La calidad ambiental, estará más relacionada con las concentraciones de sólidos, materia orgánica, nutrientes y elementos tóxicos que pueden generar impactos negativos en los cuerpos de agua.

El panorama actual del agua es dramático, y el hombre aún hasta nuestros días, no es consciente de la grave situación que está generando su irresponsable actuación frente al cuidado de los recursos naturales, de la calidad del medio ambiente en general y del agua de manera particular, y, aunque en los últimos años se han ideado en todo el mundo proyectos diversos que buscan mejorar y optimizar no sólo los recursos económicos y/o materiales, sino que apuntan al uso racional del agua, de tal forma, no deben resultarnos extraño, que incluso se hayan ideado y planteado sistemas que contemplan la reutilización de aguas residuales con la finalidad de menguar el problema de las demandas cada vez más crecientes, y aunque éstos aún no se han constituido en soluciones de aplicación masiva, debido sobre todo a que tales soluciones implican, desde luego, presupuestos considerables, y al falso espejismo de que el agua es abundante, cuando la actual situación nos muestra de manera categórica lo contrario, definitivamente constituyen referentes muy importantes en lo que respecta a la mejor utilización del recurso hídrico.

El sistema de tratamiento de agua residual doméstica tiene como objetivo principal reducir algunas características indeseables, de manera tal que el uso o disposición final de estas aguas, cumpla con las normas y requisitos mínimos definidos por las autoridades sanitarias de un determinado país o región.

Las áreas verdes brindan un sin número de beneficios a las personas tanto en su salud como un estado anímico. La utilización de aguas tratadas en el riego de estas zonas, permitiría contar con más y mejores áreas verdes y de esparcimiento para la población, ayudando también a mitigar los efectos del clima todo lo anterior sin comprometer el agua para el consumo humano.

Con todo lo anteriormente dicho, creo de manera personal, que es responsabilidad nuestra el adecuado uso de los recursos en general y del recurso hídrico en particular para satisfacer nuestras necesidades actuales sin perjudicar las necesidades futuras.

Para las consideraciones expuestas se planteó la realización de la presente tesis, con la finalidad de alcanzar los siguientes objetivos.

**Objetivo Principal:**

- ✓ Diseñar una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales con fines de riego de las áreas verdes en la ciudad universitaria – UNSCH. Ayacucho, 2013.

**Objetivo Específicos:**

- ✓ Evaluar la calidad del agua residual con fines de riego.
- ✓ Diseñar los componentes de la planta de tratamiento de aguas residuales.
- ✓ Cuantificar el caudal y demanda para el área de riego.
- ✓ Realizar el diseño hidráulico de la línea de conducción y distribución de la red de agua.

## **CAPITULO I**

### **REVISION BIBLIOGRAFICA**

#### **1.1. ENFOQUE HISTORICO MUNDIAL DEL RECURSO AGUA**

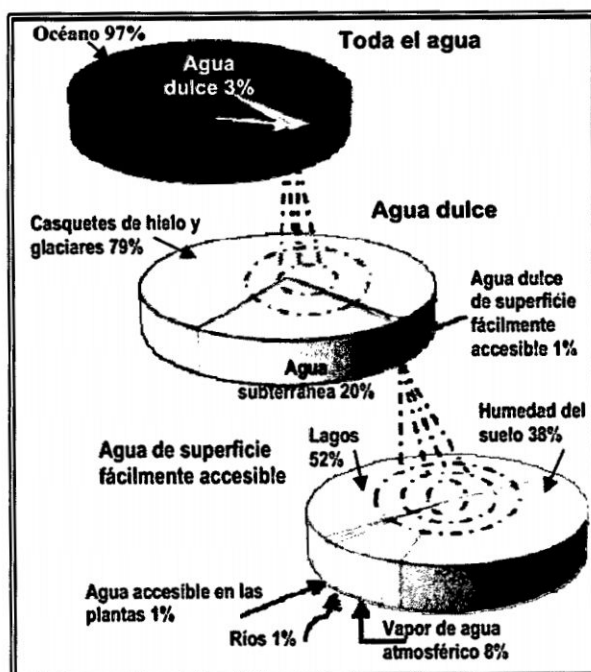
Veliz, (2009). Hacia el año 2025, aproximadamente 48 países, más de 2800 millones de habitantes, se verán afectados por la escasez de agua. Otros nueve países, inclusive China y Pakistán, estarán próximos a sufrir la falta de agua.

Debido a la creciente explosión demográfica la escasez y deterioro la calidad del agua está afectando la salud y el bienestar de la población en países en vías de desarrollo. Actualmente, 31 países de África y el Medio Oriente, enfrentan severas limitaciones con relación a este vital líquido.

La disminución de agua dulce en adecuada calidad y cantidad está surgiendo como uno de los problemas más críticos que enfrenta la humanidad, se está extrayendo agua de ríos, lagos y acuíferos más rápidamente de lo que demoran en renovarse los cuerpos de agua. Otro gran problema es la contaminación que afecta significativamente la calidad del agua.

El agua de lluvia, componente esencial del ciclo hidrológico representa un elemento que debería aprovecharse integralmente, debido a que ha pasado por un proceso natural de purificación.

El 70 % de la superficie de la tierra es agua, la mayor parte es oceánica. En volumen, sólo el 3 % de toda el agua del mundo es agua dulce, y generalmente no está disponible en su totalidad. Tres cuartas partes del agua dulce se hallan inaccesibles en forma de casquetes de hielo y glaciares situados en zonas polares muy alejadas de los centros de población y el 20 % del agua dulce de todo el mundo se encuentra como agua subterránea, sólo el 1% es agua dulce superficial aprovechable.



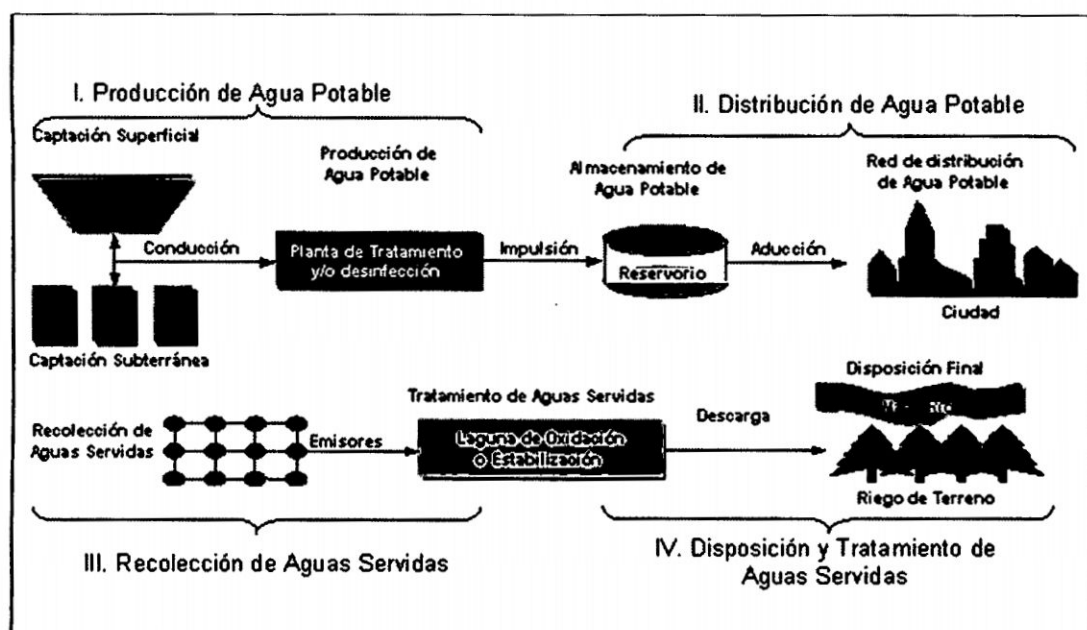
**Figura Nº 1.1. Distribución mundial del agua.**

Fuente: FAO. Los problemas del agua y la agricultura.

A pesar de las enormes cantidades de agua en el mundo, ésta no se encuentra disponible uniformemente en todas las regiones. Sólo esa cantidad de agua se renueva

habitualmente con la precipitación pluvial y las nevadas, es por tanto, un recurso sostenible.

El sector agrícola hace uso del 65% del agua. Esto es así debido a la falta de sistemas de irrigación eficientes, lo que ocasiona grandes pérdidas. El 25% del agua está destinada al sector industrial, mientras que otros servicios urbanos, el consumo doméstico y comercial reciben un 10%. Algunos objetivos que se han fijado para el año 2015 son que se reduzca el consumo en agricultura a un 58%, y a un 8% en otros servicios a cambio de aumentar el consumo en el sector de la industria hasta un 34%, para intentar poner freno al consumo total de agua.



**Figura N° 1.2. Distribución del agua dulce superficial fácilmente accesible.**

Fuente: FAO. Los problemas del agua y la agricultura.

## 1.2. REÚSO DE AGUAS RESIDUALES PARA RIEGO AGRÍCOLA.

Chávez (2011). El reúso de aguas residuales, tanto en países desarrollados como en vías de desarrollo, se ha incrementado en los últimos años. Este hecho se asocia principalmente a problemas de escasez de agua.

El reúso de aguas residuales se presenta como un recurso hídrico disponible para combatir la escasez del agua y juega un papel importante en la planificación y gestión integrada del recurso hídrico.

Debido a la creciente escasez de agua fresca, la necesidad de proteger el medio ambiente y aprovechar económicamente las aguas residuales se ha promovido internacionalmente el reúso controlado de efluentes, lo que representa:

- Reducir considerablemente la carga contaminante que se dispone en los cuerpos receptores superficiales, subterráneos y zonas costeras mediante vías simples, efectivas y de menor costo.
- Incrementar el potencial aprovechable de los recursos hídricos, así como su mejor manejo al liberar grandes cantidades de agua fresca de mejor calidad para otros usos.
- Mejorar importantes áreas agrícolas aportándole materias orgánicas y nutrientes.
- Fertilizar embalses acuícolas.

Internacionalmente las actividades que más utilizan aguas residuales recuperadas son las siguientes:

- Riego agrícola y de áreas verdes de parques, cementerios, campos deportivos y jardines.
- Actividades industriales, fundamentalmente para torres de enfriamiento, alimentación de calderas y necesidades de los procesos. Los usos industriales varían grandemente, y para garantizar agua de calidad adecuada, por regla general, se requieren tratamientos avanzados.
- Recarga de acuíferos subterráneos.

- Alimentación de lagos recreativos, acuicultura, descarga de inodoros, sistemas contra incendios, aire acondicionado.

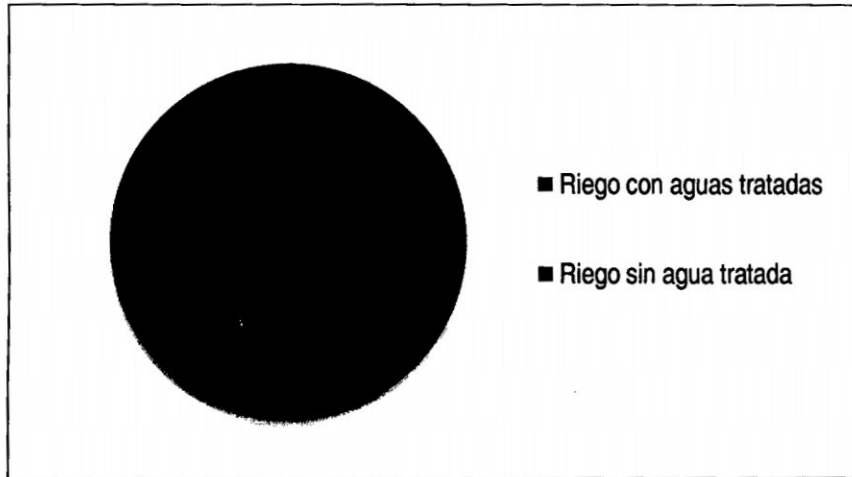
En Cuba, prácticamente no se reúsan las aguas residuales domésticas tratadas para riego agrícola. Solo en el sector del turismo se utilizan las aguas residuales de algunos hoteles para el riego de sus áreas verdes y campos de golf.

Paradójicamente, el Perú fue uno de los primeros países latinoamericanos que logró experiencias exitosas en el uso de las aguas residuales domésticas para el desarrollo de áreas verdes productivas y recreativas en el desierto costeño.

El Proyecto de San Juan de Miraflores, implementado desde 1964, constituyó un modelo internacional para tratar esta agua a bajo costo y aprovecharla en cultivos agrícolas, piscícolas y forestales, que permitieron desarrollar 600 hectáreas en el desierto del sur de Lima. Luego le siguieron muchos proyectos en Tacna, Piura, Chiclayo, Trujillo e Ica, entre otros que, juntos, sobrepasan las 5,000 hectáreas agrícolas regadas con aguas residuales, aunque una quinta parte se realiza con agua sin tratar.

El riego con aguas servidas en las principales ciudades del Perú abarca un total de 4,237 Has., de los cuales solo 594 Has (14%) son regadas con aguas tratadas. Se puede estimar que el volumen de agua residual utilizada para riego estaría llegando a 5 m<sup>3</sup>/s, dependiendo del cultivo y la época.

**Gráfico N° 1.1: Riego con aguas servidas en el Perú**



Fuente: Aguas Residuales del Perú (2005).

### 1.3. APLICACIÓN DE LODOS EN SUELO AGRÍCOLA.

Mendoza (2011). Los lodos, han sido generados por décadas en países de la Unión Europea y en Estados Unidos, siendo las principales vías de eliminación el transporte a vertederos, aplicación al suelo, vertido al mar, sobre todo en el Reino Unido.

Estas dos últimas vías están siendo prohibidas por la ley en varios países, por esta razón el uso del lodo en suelo agrícola se ha planteado como la alternativa más viable a la hora de planificar su disposición, y por ello quizás sea el destino más usado de los lodos.



**Figura N° 1.3: Eliminación de lodos en la UE en 1994.**

Fuente: Smith 1996

Los lodos aportan simultáneamente nitrógeno, fósforo, micro nutriente y materia orgánica al suelo a un bajo costo de tratamiento. El uso de lodos podría ayudar a remediar las deficiencias de ciertos elementos traza que a menudo se presentan en suelos que han sido cultivados por décadas.

Las características de un lodo están dadas por su contenido de materia orgánica, metales pesados, patógenos y nutrientes. Su uso, por lo tanto, conlleva ciertos riesgos que es necesario evaluar como son: la incorporación al medio de metales pesados, compuestos orgánicos tóxicos y patógenos.

Las concentraciones de metales pesados, principalmente Zn, Cu, Ni, Cd, Pb, Hg y Cr en los lodos suelen ser mayores que las que existen en el suelo, y estos elementos pueden quedar retenidas indefinidamente en los estratos del suelo cultivado.

Los lodos se consideran como enmiendas, porque al incrementar la materia orgánica del suelo, mejoran su porosidad, estructura y capacidad de retención de agua, al mismo tiempo que le aportan lentamente nitrógeno y fósforo al suelo. En este sentido se debe tener especial atención sobre los efectos adversos que las adiciones de lodo pudieran provocar en el suelo ya que uno de los factores que limitan su uso es el contenido de nitrógeno que posee, ya que cuando se aplica en dosis altas, se produce lixiviación de nitratos (NO<sub>3</sub>).

#### **1.4. MARCO NORMATIVO**

FONAM, (2013). Frente a los inminentes efectos del cambio climático en nuestro país que agravan las condiciones actuales de vulnerabilidad y ponen en riesgo la seguridad del abastecimiento de agua potable principalmente en Lima, la Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS) planteó como prioridad de la agenda pendiente en el Sector, la necesidad de implementar fuentes alternativas de agua para satisfacer la

demanda del recurso hídrico para el consumo poblacional, agricultura, minería, riego de áreas verdes, entre otros.

De este modo, la SUNASS expresa su preocupación en este tema y su intención de promover su discusión y análisis por parte de los diferentes actores involucrados en la reglamentación del uso del agua residual para el riego de parques y jardines, tales como la Autoridad Nacional del Agua, las Municipalidades, el Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, el Ministerio del Ambiente, las Empresas Prestadoras de Servicios de Saneamiento, los usuarios, entre otros.

#### **1.4.1. MARCO LEGAL NACIONAL**

1. Ley General de Aguas, 1969. Decreto Ley N° 17752, en su artículo 1º señala que, las aguas, sin excepción alguna, son de propiedad del Estado, y su dominio es inalienable e imprescriptible. No hay propiedad privada de las aguas ni derechos adquiridos sobre ellas. El uso justificado y racional del agua, sólo puede ser otorgado en armonía con el interés social y el desarrollo del país.
2. Ley General de Aguas, 1970. Complementación del Reglamento del título III del Decreto Ley N° 17752 "Ley General de Aguas" D.S N° 41-70-A (20/02/70):
  - Del uso de las aguas terrestres o marítimas del país como receptoras de aguas servidas, y de los requisitos a ser cumplidos.
  - Del uso de aguas servidas con fines de irrigación.
3. Ley General de Aguas, 1983. Artículo 81º.-Para los efectos de la aplicación del presente Reglamento, la calidad de los cuerpos de agua en general ya sea terrestre o marítima del país se clasificará respecto a sus usos de la siguiente manera:

**Cuadro N° 1.1: Clasificación de las Aguas Residuales.**

Clase	Características
I	Aguas de abastecimiento doméstico con simple desinfección
II	Aguas de abastecimiento doméstico con tratamiento equivalente a procesos combinados de mezcla y coagulación, sedimentación, filtración y cloración, aprobados por el Ministerio de Salud
III	Agua para riego de vegetales de consumo crudo y bebida de animales.
IV	Agua de zonas recreativas de contacto primario (baños y afines).
V	Agua de zona de pesca de mariscos bivalvos.
VI	Agua de zona de preservación de fauna acuática y pesca recreativa o comercial

Fuente: Ley General de Aguas Decreto Ley 17752. El tipo de agua a considerar en el proyecto es la Clase III y V

4. Autoridad Nacional de Agua (ANA), 2005. Art. 79º, autoriza el vertimiento del agua residual tratada a un cuerpo natural de agua continental o marina, previa opinión técnica favorable de las autoridades en materia ambiental y en materia de salud sobre el cumplimiento de los estándares de calidad ambiental de agua (ECA – agua) y límites máximo permisibles (LMP) de los sectores. Queda prohibido el vertimiento directo o indirecto de agua residual sin dicha autorización.
  
5. MINAM, 2008. Decreto Supremo 002-2008-MINAM, Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad para Agua.

**Cuadro N° 1.2: Límite Máximo Permissible para cada tipo de agua.**

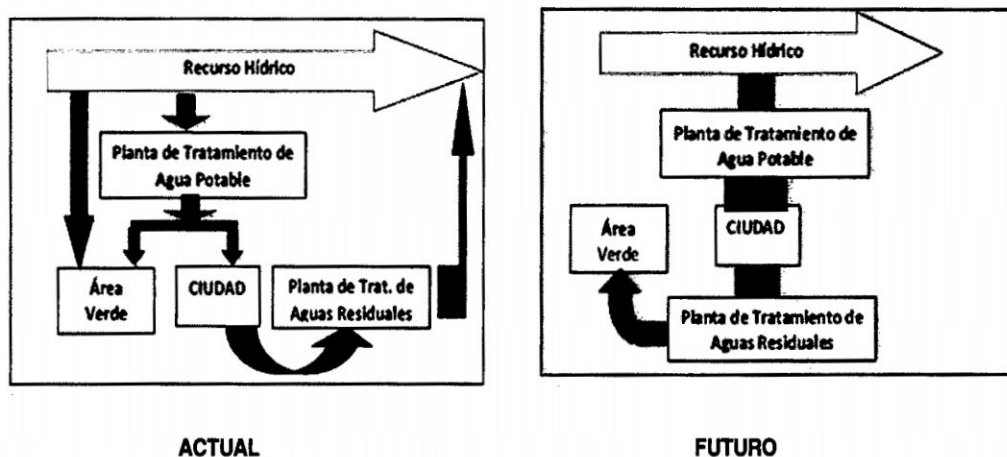
Parámetro	Unidad	Uso de Recurso de Agua					
		I	II	III	IV	V	VI
<b>LÍMITES BACTERIOLÓGICOS</b>							
Coliformes totales (1)	NMP/100 ml	8.8	20000	5000	5000	1000	20000
Coliformes fecales (1)	NMP/100 ml	0.0	4000	1000	1000	200	4000
<b>LÍMITES DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO DISUELTO</b>							
Oxígeno disuelto	mg/L	3	3	3	3	5	4
D.B.O. (2)	mg/L	5	5	15	10	10	10

<b>LÍMITES DE SUSTANCIAS POTENCIALMENTE PELIGROSAS</b>							
Selenio	mg/L	0.01	0.01	0.05	0.05	0.005	0.01
Mercurio	mg/L	0.002	0.002	0.01		0.0001	0.0002
P.C.B	mg/L	0.001	0.001	(3)		0.002	0.002
Esteres Estalatos	mg/L	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
Cadmio	mg/L	0.01	0.01	0.05		0.0002	0.004
Cromo	mg/L	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Niquel	mg/L	0.002	0.002	(3)	3.0	0.002	(4)
Cobre	mg/L	1.0	1.0	0.50		0.01	(5)
Plomo	mg/L	0.05	0.05	0.10		0.01	0.03
Zinc		5.0	5.0	25.0		0.02	(4)
Cianuros (CN)		0.2	0.2	(3)	1.0	0.005	0.005
Fenoles		0.0005	0.0001	(3)		0.001	0.1
Sulfuros		0.001	0.002	(3)		0.002	0.002
Arsénico		0.1	0.1	0.2		0.01	0.05
Nitratos (N)		0.01	0.01	0.1		N.A	N.A
Pesticidas		(6)	(6)	(6)		(6)	(6)
<b>LÍMITES DE SUSTANCIAS O PARAMETROS POTENCIALMENTE PERJUDICIALES</b>							
M.E.H		1.5	1.5	0.5	0.2		
S.A.A.M		0.5	0.5	1.0	0.5		
C.A.E		1.5	1.5	5.0	5.0		
C.C.E		0.3	0.3	1.0	1.0		

Fuente: Ley General de Aguas Decreto Ley 17752. El tipo de agua a considerar en el proyecto es la Clase III y IV.

- (1): Entendidos como valor máximo en 80% de 5 ó más muestras mensuales.
- (2): Demanda Bioquímica de Oxígeno, 5 días, 20º.
- (3): Valores a ser determinados. En caso de sospechar su presencia, se aplicará los valores de la columna V provisionalmente.
- (4): Pruebas de 96 horas multiplicadas.
- (5): Pruebas de 96 horas LC50 multiplicadas por 0.1.
- (6): Para cada uso se aplicará como límite los criterios de calidad de aguas establecidas por el Environmental Protection Agency de los Estados Unidos de Norteamérica.

6. Ley de Recursos Hídricos, 2009. Regula el uso y gestión de los recursos hídricos. Comprende el agua superficial, subterránea, continental y los bienes asociados a esta.
7. Ley General del Ambiente, 2005. Ley N° 28611 en su artículo 120° señala en su inciso 2 que, el estado promueve el tratamiento de las aguas residuales con fines de su reutilización, considerando como premisa la obtención de la calidad necesaria para su reúso, sin afectar la salud humana, el ambiente o las actividades en las que se reutilizarán.
8. Ley General de Agua, 2010. Art. 82°, autoriza el reúso del agua residual tratada, según el fin para el que se destine la misma, en coordinación con la autoridad sectorial competente y, cuando corresponda, con la Autoridad Ambiental Nacional.
9. SUNASS, 2011. Decreto Ley N° 25965, Mediante RCD N° 033-2011-SUNASS-CD, publicada el 15.08.2011, se aprobó el Proyecto de Resolución que contiene la propuesta de modificación del Reglamento de Calidad de la Prestación de Servicios de Saneamiento: Las Unidades de uso destinadas al riego de parques y jardines público varíen de la Categoría Estatal a la Categoría comercial, para efectos de recibir comentarios de los interesados.



**Figura N° 1.4: Manejo del Agua Residual**

Fuente: SUNASS. 2011.

10. RNE, 2012. OS: 010 Captación y Conducción de agua para consumo humano, OS: 020 Planta de Tratamiento de Agua para Consumo Humano, OS: 030 Almacenamiento de Agua para consumo humano, OS: 040 Estaciones de Bombeo de agua para consumo de humano, OS: 050 Redes de distribución de agua para consumo de agua, OS: 060 Drenaje Pluvial Urbano, OS: 070 Redes de aguas Residuales, OS: 080 Estaciones de bombeo de aguas residuales y S.090 para las Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales, que norma el desarrollo de proyectos de tratamiento de aguas residuales, en su numeral 4.3.11 establece que en ningún caso se permitirá la descarga de aguas residuales sin tratamiento a un cuerpo receptor, aun cuando los estudios del cuerpo receptor indiquen que no es necesario el tratamiento. Señala que el tratamiento mínimo que deberán recibir las aguas residuales antes de su descarga deberá ser el tratamiento primario. Es decir, un nivel de tratamiento capaz de remover la materia orgánica sedimentable, entre los que se encuentra el tanque Imhoff, el tanque séptico, el tanque o laguna de sedimentación y las lagunas en general, aunque estas últimas se encuentren

dentro de los procesos de tratamiento secundario, que es un objetivo adicional al alcanzado mediante el tratamiento primario.

**Cuadro N° 1.3: Cuadro de Normas Legales de Aguas y Efluentes Líquidos.**

CÓD.	FECHA DE PUBLICACION	TIPO DE NORMA	ORGANO EMISOR	TITULO	DISPOSITIVO
					MOD/VIG
01	01/12/1960	Decreto Supremo N° 28-60-SAPL	Ministerio de Fomento	Reglamento de Desagües Industriales	VIG
02	12/01/1966	Decreto Supremo N° 2-66-DGS	Ministerio de Salud	Reglamento de Normas Sanitarias para diseño de tanques sépticos y pozos de percolación	VIG
03	17/03/1997	Resolución Directoral N° 008-97-EM/DGAA	Ministerio de Energía y Minas	Aprueban niveles máximos permisibles para efluentes líquidos producto de las actividades de generación, transmisión y distribución de energía eléctrica.	VIG
04	12/06/2008	Resolución de Intendencia N° 470-2008 INRENA-IRH	INRENA	Reglamento de Procedimientos para el otorgamiento de Licencias de Uso de Agua	VIG
05	31/07/2008	Decreto Supremo 002-2008-MINAM	Ministerio del Ambiente	Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad para Agua	VIG
06	31/03/2009	Ley N° 29338	Congreso de la República	Ley de Recursos Hídricos	VIG
07	02/06/2009	Resolución Jefatural N° 0291 2009-ANA	Autoridad Nacional del Agua	Dictan disposiciones referidas al otorgamiento de autorizaciones de vertimientos y de reúsos de aguas Residuales tratadas	VIG
08	01/07/2009	Resolución Jefatural N° 351-2009-ANA	Autoridad Nacional del Agua	Modifican R.J. N° 0291-2009-ANA referente al otorgamiento de autorizaciones de vertimientos y reúsos de aguas residuales tratadas	VIG
09	19/12/2009	Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM	Ministerio del Ambiente	Disposiciones para la implementación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua	VIG
10	16/01/2010	Resolución Jefatural N° 014-2010-ANA	Autoridad Nacional del Agua	Se establece el valor de la retribución económica por vertimiento de agua residual tratada para el año 2010	VIG
11	23/03/2010	Decreto Supremo 001-2010-AG	Ministerio de Agricultura	Reglamento de la Ley de los Recursos Hídricos	VIG
12	05/05/2010	Resolución Jefatural N° 274-2010-ANA	Autoridad Nacional del Agua	Dictan medidas para la implementación del Programa de Adecuación de Vertimientos y Reúso de Agua Residual.	VIG
13	08/07/2010	Decreto Supremo N° 006-2010-AG	Ministerio de Agricultura	Se aprueba el Reglamento de organización y funciones de la Autoridad Nacional del Agua – ANA	VIG
14	17/07/2010	Decreto Supremo N° 007-2010-AG	Ministerio de Agricultura	Declaran de interés nacional la protección de la calidad del agua en las fuentes	VIG

				naturales y sus bienes asociados.	
15	11/09/2010	Resolución Jefatural N° 575 2010-ANA	Autoridad Nacional del Agua	Aprueban "Lineamientos Generales para la Creación de Consejos de Recursos Hídricos de Cuenca"	VIG
16	14/09/2010	Decreto Supremo N° 012- 2010-AG	Ministerio de Agricultura	Aprueban el Texto Único de Procedimientos Administrativos de la Autoridad Nacional del Agua - ANA	VIG
17	15/09/2010	Resolución Jefatural N° 579- 2010-ANA	Autoridad Nacional del Agua	Aprueban Reglamento de Procedimientos Administrativos para el Otorgamiento de Derechos de Uso de Agua	VIG
18	06/11/2010	Resolución Ministerial N° 176 2010-VIVIENDA	Ministerio de Vivienda	Aprueban los Lineamientos de Política para la promoción del tratamiento para el reúso de las aguas residuales domésticas y municipales en el riego de áreas verdes urbanas y periurbanas	REF
19	16/11/2010	Resolución Ministerial N° 225 2010-MINAM	Ministerio del Ambiente	Aprueban el Plan de Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y Límites Máximos Permisibles (LMP) 2010- 2011	REF

Fuente: Elaboración Propia.

## 1.4.2. AUTORIDADES QUE VIGILAN EL RECURSO HIDRICO

### 1. Constitución política del Perú (1993).

Los recursos naturales son patrimonio de la nación, siendo el estado quien fija las condiciones de su utilización, determina la política nacional del ambiente y está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las áreas naturales protegidas.

### 2. Ministerio del Ambiente (MINAM).

Fue creado el 14 de mayo de 2008, mediante Decreto Legislativo Nro. 1013, como ente rector del sector ambiental nacional, que coordina en los niveles de gobierno local, regional y nacional.

Se encarga de asegurar el cumplimiento del mandato constitucional sobre la conservación y el uso sostenible de los recursos naturales, la diversidad biológica y las áreas naturales protegidas y el desarrollo sostenible de la Amazonía. Asegura la

prevención de la degradación del ambiente y de los recursos naturales y revertir los procesos negativos que los afectan.

### **3. Autoridad Nacional del Agua (ANA).**

La Autoridad Nacional del Agua es el organismo encargado de realizar las acciones necesarias para el aprovechamiento multisectorial y sostenible de los recursos hídricos por cuencas hidrográficas, en el marco de la gestión integrada de los recursos naturales y de la gestión de la calidad ambiental nacional estableciendo alianzas estratégicas con los gobiernos regionales, locales y el conjunto de actores sociales y económicos involucrados.

Tiene como principales funciones formular la política y estrategia nacional de recursos hídricos, administrar y formalizar los derechos de uso de agua, distribuirla equitativamente, controlar su calidad y facilitar la solución conflictos.

### **4. Ministerio de Agricultura (MINAG).**

Otorga licencias para uso de aguas Superficiales, Subterráneas y otorga licencias para el uso de aguas residuales.

### **5. Ministerio de Economía y Finanzas (MEF).**

Aprueba presupuestos de Empresas Prestadoras de Saneamiento (EPS) y Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS), Aprueba y canaliza los fondos para inversión.

### **6. Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento.**

Responsable del sector saneamiento, determina políticas y promueve el desarrollo, regula los estándares de diseño y las especificaciones técnicas de los sistemas de

agua potable, alcantarillado y tratamiento de aguas residuales (Reglamento Nacional de Edificaciones – Títulos II y III).

#### **7. Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento (SUNASS).**

Organismo regulador y fiscalizador de la prestación de los servicios de saneamiento en el Perú. Garantiza al usuario que los servicios de saneamiento se den en las mejores condiciones de calidad. Establece las condiciones generales de la prestación del servicio. Fiscaliza el cumplimiento de las normas de prestación del servicio y de fijación tarifaria. Supervisa las EPS urbanas debidamente registradas, sin embargo no supervisa las JASS (Juntas Administradoras de Servicios de Saneamiento).

#### **8. Ministerio de Salud (MINSA).**

Es la autoridad Sanitaria. Regula la calidad del agua para consumo humano, autoriza vertimientos, aprueba proyectos de plantas de tratamiento de agua potable y de aguas residuales, formula políticas y dicta las normas de calidad sanitaria y protección ambiental, a través de Dirección General de Salud Ambiental (DIGESA), ejerce la vigilancia de la calidad del agua.

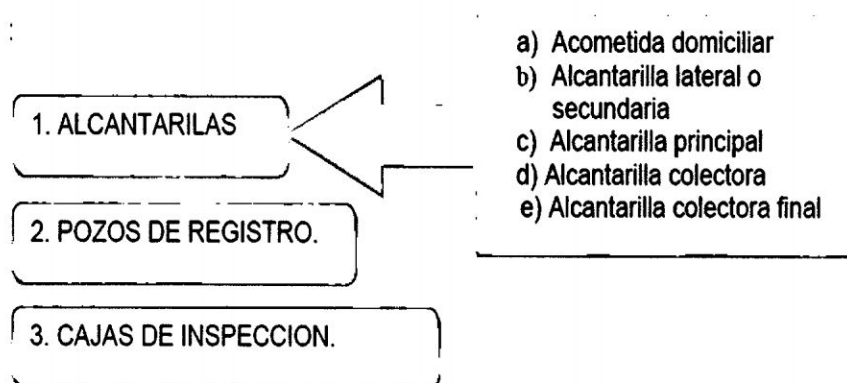
### **1.5. SISTEMA DE ALCANTARILLADO DE AGUAS RESIDUALES**

#### **1.5.1. SISTEMA DE ALCANTARILLADO SANITARIO**

Ibáñez (2012), se denomina alcantarillado o red de alcantarillado al sistema de estructuras y tuberías usados para el transporte de aguas residuales, negras o servidas desde el lugar en que se generan hasta el sitio en que se vierten a cauce o se tratan.

Un sistema de alcantarillado sanitario de aguas residuales está compuesto en su totalidad por diversos elementos que al integrarse aportan una solución óptima para la evacuación de las aguas residuales generadas en una comunidad. Entre los elementos más importantes que componen el sistema de alcantarillado sanitario podemos mencionar los siguientes:

### Esquema Nº 1.1: Componentes de un alcantarillado.



Fuente: Ibáñez, 2011. Ingeniería de aguas residuales; Tratamiento, Redes de Alcantarillado y Bombeo

La función de los diversos tipos de alcantarillas se describe en el cuadro Nº 1.4.

### Cuadro Nº 1.4: Tipos de alcantarillado en una Red.

Tipos de Alcantarillado	Descripción
Acometida domiciliar	Las acometidas o conexiones domiciliarias se conectan con la red de desagües de los edificios y su finalidad es transportar las aguas residuales originadas en ellos a las alcantarillas secundarias o a cualquier otra alcantarilla, excepto a otra acometida domiciliar.
Laterales o secundarias	Constituyen el primer elemento de la red de alcantarillado y suelen disponerse en la calle o en zonas especiales de servidumbre.
Principales.	Se utilizan para transportar el agua residual procedente de una o varias alcantarillas secundarias a los colectores o interceptores.
Colectores.	Son alcantarillas de gran tamaño que transportan el agua residual a las principales o a la estación depuradora.

Interceptores o colectora final	Son alcantarillas de gran tamaño que se utilizan para interceptar y recoger el agua residual procedente de uno o varios colectores o alcantarillas principales.
Emisores	Son el conducto que recibe las aguas de uno o varios colectores o interceptores. Su función es conducir las aguas residuales a la planta de tratamiento o a un sistema de reúso. También se le denomina emisor al conducto que lleva las aguas tratadas (efluente) de la planta de tratamiento al sitio de descarga.

Fuente: Ibáñez, 2012. Obras Hidráulicas y Saneamiento.

## 1.5.2. DISEÑO DE REDES DE ALCANTARILLADO

Ibáñez (2012), el diseño de un sistema de alcantarillado por gravedad se realiza considerando que durante su funcionamiento, se debe cumplir la condición de auto limpieza para limitar la sedimentación de arena y otras sustancias sedimentables (heces y otros productos de desecho) en los colectores. La eliminación continua de sedimentos es costosa y en caso de falta de mantenimiento se pueden generar problemas de obstrucción y taponamiento.

### 1.5.2.1. FÓRMULAS PARA EL DISEÑO.

Considerando que el flujo en las tuberías de alcantarillado será uniforme y permanente, donde el caudal y la velocidad media permanecen constantes en una determinada longitud de conducto, para los cálculos hidráulicos se hicieron de acuerdo a la fórmula de Manning es la más práctica para el diseño de canales abiertos.

Actualmente se utiliza para conductos cerrados y tiene la siguiente expresión:

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

(Ecuación N° 1.1)

**Dónde:**

- V = Velocidad (m/s).
- n = Coeficiente de rugosidad (adimensional).
- R = Radio hidráulico (m).
- S = Pendiente (m/m).

**Para tuberías con sección llena:**

Velocidad: 
$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$
 (Ecuación N° 1.2)

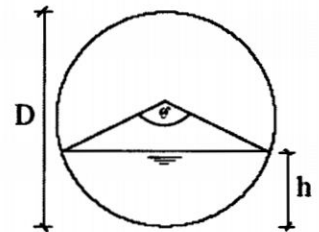
Continuidad: 
$$Q = V \cdot A$$

Caudal: 
$$Q = \frac{0.312}{n} D^{\frac{8}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$
 (Ecuación N° 1.3)

**Para tuberías con sección parcialmente llena:**

El grado central  $\theta$  en grado sexagesimal:

$$\theta = 2 \arccos\left(1 - \frac{2h}{D}\right)$$



Radio hidráulico: 
$$R = \frac{D}{4} \left(1 - \frac{360 \sin \theta}{2\pi\theta}\right)$$
 (Ecuación N° 1.4)

Entonces se obtiene:

Velocidad:

$$V = \frac{0.397 D^{\frac{2}{3}}}{n} \left(1 - \frac{360 \operatorname{sen} \theta}{2\pi\theta}\right)^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 1.5)$$

Caudal:

$$Q = \frac{D^{\frac{8}{3}}}{7257.15 n (2\pi\theta)^{\frac{2}{3}}} (2\pi\theta - 360 \operatorname{sen} \theta)^{\frac{5}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 1.6)$$

#### 1.5.2.2. COEFICIENTE DE RUGOSIDAD.

Para el diseño de alcantarillas nuevas y en la comprobación de la capacidad de alcantarillas existentes bien construidas, se recomienda emplear un coeficiente de rugosidad de Manning (n) de 0,013, el valor de n a adoptar para el diseño de todos los sistemas de alcantarillado no debe de ser inferior de 0,013.

#### 1.5.2.3. DIÁMETRO MÍNIMO DE ALCANTARILLAS.

Los criterios de diseño de las redes convencionales especifican que el diámetro mínimo de las alcantarillas será 200 mm (8"), tanto en habilitaciones de uso de vivienda como de uso industrial.

Excepcionalmente y sólo en habilitaciones de uso de vivienda, podrá utilizarse alcantarillas de 150 mm (6") de diámetro; siempre y cuando su necesidad se sustente en mejores condiciones hidráulicas de funcionamiento o por su ubicación en zonas accidentadas con calles angostas, pero de fuertes pendientes.

#### 1.5.2.4. VELOCIDAD MÍNIMA Y MÁXIMA DE ALCANTARILLADO.

La velocidad mínima no debe ser menor de 0,45 ó 0,50 m/s. Es mejor aceptar un valor inferior para el flujo "real", que fijar un valor mayor para un flujo hipotético

(sección llena o semillena), siendo a considerar en la práctica una velocidad mínima de 0.60 m/s.

Por tanto, es recomendable calcular la máxima pendiente admisible para una velocidad final  $V = 5$  m/s.

#### **1.5.2.5. PENDIENTE EN ALCANTARILLADOS.**

El diseño usual del alcantarillado convencional considera que la pendiente mínima que tendrá una alcantarilla, viene dada por la inclinación de la tubería con la cual se lograra mantener la velocidad mínima de 0,6 m/s, transportando el caudal máximo con un nivel de agua del 75% (0,75 D) del diámetro.

De no conseguirse condiciones de flujo favorables debido al pequeño caudal evacuado, en los tramos iniciales de cada colector (primeros 300 m) se deberá mantener una pendiente mínima del 0,8%.

#### **1.5.3. SISTEMA DE ALCANTARILLADO EN EL PERU.**

En el sector de agua potable y saneamiento del Perú, se han logrado importantes avances en los últimos 30 años, tales como el aumento del acceso al agua potable en las zonas urbano rurales de la población entre 30% al 62%, logrado entre los años 1980 al 2004 y el incremento del acceso de saneamiento del 9% al 30% entre los años 1985 al 2004 en las áreas rurales.

Asimismo, se han logrado avances en la desinfección del agua potable y el tratamiento de aguas. Sin embargo, quedan muchos restos por considerar en el sector, tales como:

- ✓ Insuficiente cobertura de servicios.
- ✓ Mala calidad de la prestación de servicios que ponen en riesgo la salud de la población.

- ✓ Deficiente sostenibilidad de los sistemas construidos.
- ✓ Tarifas que no permiten cubrir los costos de inversión, operación y mantenimiento de los servicios.
- ✓ Debilidad institucional y financiera, y
- ✓ Recursos Humanos en exceso, poco calificados y con alta rotación.

## **1.6. PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

### **1.6.1. DEFINICIÓN DE AGUA RESIDUAL**

Las definiciones de las aguas residuales están definidas por las Norma OS.90, del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE).

- A. AGUAS NEGRAS:** Agua contaminada con sustancias fecales y orina, procedentes de vertidos humanos, orgánicos o animales su importancia es tal manera que requiere de un sistema para poder ser desalojado y tratamiento.
- B. AGUAS GRISES:** Básicamente son aguas con jabón, algunos residuos grasos de la cocina y detergentes biodegradables. Es importante señalar que las aguas grises pueden transformarse en aguas negras si son retenidas sin oxigenar en un tiempo corto.
- C. AGUAS RESIDUALES:** Fracción líquida que está constituida esencialmente por aguas de abastecimiento y que después de haber sido contaminada por los diversos usos a que ha sido sometida son vertidas a un cuerpo receptor.
- D. AGUAS SERVIDAS:** Provenientes de uso doméstico como pueden ser higiene personal, limpieza y lavado de cualquier índole.

**E. AGUAS DE INFILTRACION:** Son derivadas del subsuelo, y estas pueden ser penetradas a la red de alcantarillado a través de una tubería en malas condiciones, juntas de tuberías, y por las paredes de los pozos de visita.

**F. AFLUENTE O TRIBUTARIO:** Agua que entra a una unidad de tratamiento, o inicia una etapa, o el total de un proceso de tratamiento.

**G. EFLUENTE:** Líquido que sale de una planta de tratamiento de aguas residuales.

### 1.6.2. CARACTERÍSTICAS DEL AGUA RESIDUAL DOMÉSTICA

Metcalf & Eddy (1995). Normalmente las aguas residuales domésticas no son tan complejas como las aguas residuales de tipo industrial donde pueden existir determinados compuestos tóxicos y peligrosos, por ejemplo fenoles y compuestos orgánicos tóxicos. Las características del agua residual se pueden dividir en físicas, químicas y biológicas, tal como se muestra en el cuadro N° 1.5.

**Cuadro N° 1.5: Clasificación de algunos de los parámetros del agua residual.**

CLASE	PARAMETROS
<b>FISICO</b>	Sólidos totales Sólidos totales en suspensión Temperatura Color Olor Turbiedad Densidad
<b>QUÍMICO</b>	Hidratos de Carbono Proteínas Lípidos Grasas, aceite DBO <sub>5</sub> , DQO, COT

	Alcalinidad Arena Metales Pesados Nutrientes N, P. Cloruros Azufre Sulfuro de hidrogeno Gases pH
<b>BIOLOGICO</b>	Bacterias Algas Protozoos Virus Coliformes

Fuente: METCALF Y EDDY. Ingeniería de Aguas Residuales, año 1995.

### 1.6.2.1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Metcalf & Eddy (1995). Las características físicas más importantes del agua residual son: el contenido total de sólidos (materia en suspensión, materia sedimentable, materia coloidal y la materia disuelta), otras características físicas importantes son el olor, color, la temperatura, la densidad y la turbiedad.

#### a. PARTÍCULAS EN SUSPENSIÓN, (SÓLIDOS TOTALES)

Es el contenido total de la materia sólida en el agua, comprendiendo tanto materia orgánica como inorgánica, estos sólidos pueden encontrarse como: Sólidos Disueltos, Sólidos en Suspensión, Sólidos Sedimentables y Sólidos no Sedimentables.

Los sólidos orgánicos proceden de la actividad humana, siendo de origen animal y/o vegetal, contienen principalmente C, H, O, así como N, S, P y K etc. Su característica

es la posibilidad de degradación y descomposición por reacciones químicas ó acciones enzimáticas de los microorganismos.

Los sólidos inorgánicos son sustancias inertes y no degradables, tales como minerales arenas y tierras.

**b. OLORES.**

Normalmente los olores son originados por los gases liberados durante el proceso de descomposición de la materia orgánica. El agua residual reciente presenta un olor característico, algo desagradable, que resulta más tolerable que el olor producido por el agua residual séptica.

El olor más característico del agua residual séptica es el debido a la presencia del Sulfuro de Hidrogeno que se produce al reducirse los sulfatos a sulfitos por acción de microorganismos anaerobios.

A bajas concentraciones, la influencia de los olores sobre el normal desarrollo de la vida humana tiene más importancia por la tensión psicológica que produce, que por el daño que pueda producir al organismo, los malos olores pueden reducir el apetito, inducir al organismo a menores consumos de agua, producir nauseas y vómitos. Por lo que es conveniente estudiar sus efectos, como se detectan y caracterizarlos y medirlos.

**c. TEMPERATURA.**

La temperatura del agua residual suele ser siempre más elevada que la del agua de abastecimiento debido a la incorporación de agua caliente procedente de las casas y los diferentes usos industriales.

La temperatura óptima para el desarrollo de la actividad bacteriana se sitúa entre los 25 y los 35 °C.

Los procesos de digestión aerobia y de nitrificación se detienen cuando alcanzan los 50 °C. A temperaturas de alrededor de 15°C las bacterias productoras de metano cesan su actividad.

**d. DENSIDAD**

Se define la densidad de un agua residual como su masa por unidad de volumen expresada comúnmente en Kg / m<sup>3</sup> es una característica física del agua residual dado de que de ella depende la potencial formación de corrientes de densidad en fangos de sedimentación.

**e. COLOR**

Se utiliza para determinar la edad del agua residual que puede ser determinada dependiendo del color que tenga por ejemplo el agua residual reciente suele tener un color grisáceo sin embargo al aumentar el tiempo de transporte en la red de alcantarillado y al desarrollarse condiciones más próximas a las anaerobias el color del agua residual cambia de gris a gris oscuro o negro llegado este punto suele clasificarse el agua residual como séptica.

**f. TURBIEDAD**

Esta se utiliza como medida de las propiedades de transmisión de la luz de un agua también es utilizado para indicar la calidad de las aguas vertidas en relación con la materia coloidal y residual en suspensión.

### **1.6.2.2. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS**

Metcalf & Eddy (1995). El estudio de las características químicas de las aguas residuales se aborda en los siguientes cuatro apartados: (1) la materia orgánica, (2) la medición del contenido orgánico, (3) la materia inorgánica, y (4) los gases presentes en el agua residual. El hecho de que la medición del contenido en materia orgánica se realice por separado viene justificado por su importancia en la gestión de la calidad del agua y en el diseño de las instalaciones de tratamiento de aguas.

#### **a. MATERIA ORGANICA.**

Cerca del 75% de los sólidos en suspensión y del 40% de los sólidos filtrables de un agua residual de concentración media son de naturaleza orgánica. Son sólidos que provienen de los reinos animal y vegetal así como de actividades humanas con la síntesis de compuestos orgánicos los compuestos orgánicos están compuestos normalmente por combinaciones de carbono, hidrogeno oxigeno con la presencia en determinados casos de nitrógeno también pueden estar presentes elementos como el azufre, fósforo o hierro.

#### **b. GRASAS Y ACEITES.**

El término grasa, de uso extendido, engloba las grasas animales, aceites, ceras y otros constituyentes presentes en las aguas residuales.

Las grasas animales y los aceites son compuestos de alcohol ésteres glicerol (glicerina) y ácidos grasos. Los glicéridos de ácidos grasos que presentan en estado líquido a temperaturas normales se denominan aceites mientras que los que se presentan en estado sólido reciben el nombre grasas. Químicamente son muy

parecidos, y están compuestos por carbono, oxígeno e hidrógeno en diferentes proporciones.

Las grasas y aceites animales alcanzan las aguas residuales en forma mantequilla, manteca de cerdo, margarina y aceites y grasas vegetales. Grasas provienen habitualmente de carnes, gérmenes de cereales, semillas, nueces y ciertas frutas.

### **c. MEDIDA DEL CONTENIDO ORGÁNICO**

A lo largo de los años, se han ido desarrollando diferentes ensayos para la determinación del contenido orgánico de las aguas residuales. En general, los diferentes métodos para medir el contenido orgánico pueden clasificarse en: (1) demanda bioquímica de oxígeno (DBO), (2) demanda química de oxígeno (DQO), y (3) carbono orgánico total (COT).

#### **- DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO<sub>5</sub>)**

Es la cantidad de oxígeno que utilizan los microorganismos para llevar a cabo la reducción de la materia orgánica en condiciones aeróbicas.

Para el control de los procesos de depuración suele adoptarse la DBO<sub>5</sub> a los 5 días y a 20 °C (DBO<sub>5</sub>), cuyo valor se aproxima al valor asintótico de la DBO<sub>5</sub> correspondiente al ciclo del carbono. Para determinar este parámetro es necesario que el agua se encuentre a un pH entre 6,50 y 8,30.

Los resultados de los ensayos de DBO se emplean para:

- ✓ Determinar la cantidad aproximada de oxígeno que se requerirá para estabilizar biológicamente la materia orgánica presente.
- ✓ Dimensionar las instalaciones de tratamiento del agua residual.

✓ Medir la eficacia de algunos procesos de tratamiento y controlar el cumplimiento de las limitaciones a que están sujetos los vertidos.

- **DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO).**

Es la cantidad de oxígeno disuelto consumida por el agua residual (por vía química) provocada por un agente químico, fuertemente oxidante. La oxidación es activa sobre las sales minerales oxidables así como sobre la materia orgánica biodegradable, que existe en el agua analizada.

La relación encontrada entre la DBO<sub>5</sub> y la DQO indicará la importancia de los vertidos industriales y sus posibilidades de biodegradabilidad.

- **CARBONO ORGÁNICO TOTAL (COT).**

Otro método para medir la materia orgánica presente en el agua es el método COT, especialmente indicado para pequeñas concentraciones de materia orgánica.

**d. PH**

En la naturaleza, así como en los vertidos urbanos se encuentran ácidos y bases que modifican ampliamente el pH de las aguas. Las aguas urbanas tienen un pH próximo al valor de 7, es decir son adecuadas para los microorganismos neutrófilos. Es necesario controlar el pH para garantizar los procesos biológicos, debiendo encontrarse entre valores de 6,2 y 8,3 para que no se generen problemas de inhibición.

**e. ALCALINIDAD.**

La alcalinidad de un agua residual está provocada por la presencia de hidróxidos, carbonatos y bicarbonatos de elementos como el calcio, el magnesio, el sodio, el

potasio o el amoníaco. De entre todos ellos, los más comunes son el bicarbonato de calcio y el bicarbonato de magnesio.

La alcalinidad ayuda a regular los cambios del pH producido por la adición de ácidos.

Normalmente, el agua residual es alcalina, propiedad que adquiere de las aguas de tratamiento, el agua subterránea, y los materiales añadidos en los usos domésticos.

#### **f. NITRÓGENO**

El nitrógeno es absolutamente básico para la síntesis de proteínas, será preciso conocer datos sobre la presencia del mismo en las aguas, y en qué cantidades, para valorar la posibilidad de tratamiento de las aguas residuales domésticas e industriales mediante procesos biológicos. Cuando el contenido de nitrógeno sea insuficiente, será preciso añadirlo para hacer tratable el agua residual

#### **g. FÓSFORO.**

El fósforo también es esencial para el crecimiento de algas y otros organismos biológicos. Debido a que en aguas superficiales tienen lugar nocivas proliferaciones incontroladas de algas, actualmente existe mucho interés en limitar la cantidad de compuestos de fósforo que alcanzan las aguas superficiales por medio de vertidos de aguas residuales domésticas, industriales, y a través de las escorrentías naturales. Como ejemplo podemos citar el caso de las aguas residuales municipales, cuyo contenido en fósforo como P puede variar entre 4 y 15 mg.

#### **h. AZUFRE**

El ion sulfato se encuentra, de forma natural, tanto en la mayoría de las aguas de abastecimiento como en el agua residual. Para la síntesis de proteínas, es necesario disponer de azufre, elemento que posteriormente será liberado en el proceso de

degradación de las mismas. Los sulfatos se reducen químicamente a sulfuros y a sulfuros de hidrógeno (H bajo la acción bacteriana en condiciones anaerobias).

**i. COMPUESTOS TÓXICOS INORGÁNICOS.**

Algunos cationes son de gran importancia de cara al tratamiento y evacuación de aguas residuales. Muchos de dichos compuestos están clasificados como contaminantes prioritarios el cobre, el plomo, la plata, el cromo, el arsénico y el boro son tóxicos en mayor o menor grado para los microorganismos, razón por la cual deben ser considerados en el proyecto de plantas de tratamiento biológico.

**j. METALES PESADOS**

Como constituyentes importantes de muchas aguas, también se encuentran cantidades, a nivel de traza, de muchos metales. Entre ellos podemos destacar el níquel (Ni), el manganeso (Mn), el plomo (Pb), el cromo (Cr), el cadmio (Cd), el cinc (Zn), el cobre (Cu), el hierro (Fe) y el mercurio (Hg). Muchos de estos metales también están catalogados como contaminantes prioritarios. Algunos de ellos son imprescindibles para el normal desarrollo de la vida biológica, y la ausencia de cantidades suficientes de ellos podría limitar el crecimiento de las algas, por ejemplo. Debido a su toxicidad, la presencia de cualquiera de ellos en cantidades excesivas interferirá con gran número de los usos del agua.

**k. GASES**

Los gases que con mayor frecuencia se encuentran en aguas residuales brutas son el nitrógeno (N), el oxígeno, el dióxido de carbono, el sulfuro de hidrógeno, el amoníaco, y el metano. Los tres primeros son gases de común presencia en la atmósfera, y se encuentran en todas las aguas en contacto con la misma. Los tres

últimos proceden de la descomposición de la materia orgánica presente en las aguas residuales.

#### **I. OXIGENO DISUELTO**

El oxígeno disuelto es necesario para la respiración de los microorganismos aerobios, así como para otras formas de vida. Sin embargo, el oxígeno es sólo ligeramente soluble en agua. La cantidad real de oxígeno y otros gases que puede estar presente en la solución, viene condicionada por los siguientes aspectos: (1) solubilidad del gas; (2) presión parcial del gas en la atmósfera; (3) temperatura, y (4) pureza del agua, (5) salinidad, (6) sólidos en suspensión, etc. Debido a que la velocidad de las reacciones bioquímicas que consumen oxígeno aumenta con la temperatura, los niveles de oxígeno disuelto tienden a ser más críticos en las épocas estivales.

#### **m. SULFURO DE HIDROGENO**

El sulfuro de hidrógeno se forma durante el proceso de descomposición de la materia orgánica que contiene azufre, o en la reducción de sulfitos y sulfatos minerales, mientras que su formación queda inhibida en presencia de grandes cantidades de oxígeno.

Es un gas incoloro, inflamable, con un olor típicamente característico que recuerda al de huevos podridos. El ennegrecimiento del agua residual y del fango se debe, generalmente, a la formación de sulfuro de hidrógeno que se combina con el hierro presente para formar sulfuro ferroso u otros sulfuros metálicos.

#### **n. METANO**

El principal subproducto de la descomposición anaerobia de la materia orgánica del agua residual es el gas metano. El metano es un hidrocarburo combustible de alto

valor energético, incoloro e inodoro. Normalmente, no se encuentra en grandes cantidades en el agua residual, puesto que incluso pequeñas cantidades de oxígeno tienden a ser tóxicas para los organismos responsables de la producción del metano.

### **1.6.2.3. CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS**

Metcalf & Eddy (1995). Al hablar de las características biológicas de las aguas residuales. Se debe estar familiarizado con los siguientes temas:

- a. Principales grupos de microorganismos biológicos presentes, tanto en aguas superficiales como residuales, así como aquellos que intervienen en los tratamientos biológicos.
- b. Organismos patógenos presentes en las aguas residuales.
- c. Organismos utilizados como indicadores de contaminación y su importancia.

#### **a. MICROORGANISMOS**

Los principales grupos de organismos presentes tanto en aguas residuales como superficiales se clasifican en organismos eucariotas, eubacterias y arqueobacterias la mayoría de los organismos pertenecen al grupo de las eubacterias.

La categoría protista, dentro de los organismos eucariotas, incluye las algas, los hongos y los protozoos. Las plantas tales como los helechos, los musgos, las plantas hepáticas y las plantas de semilla están clasificadas como eucariotas multicelulares; en el cuadro N° 1.6, se observa la clasificación de los microorganismos celulares.

**Cuadro Nº 1.6. Clasificación de los Microorganismos**

<b>Grupo</b>	<b>Estructura celular</b>	<b>Caracterización</b>	<b>Miembros representativos</b>
Eucariota	Eucariota	Multicelular con gran diferenciación, de las células y tejido unicelular, con escasa o nula diferenciación de tejidos	Plantas (plantas de semilla, musgos y helechos). Animales (vertebrados y invertebrados) Protistas (Algas, hongos y protozoos).
Bacterias	Procariota (b)	Química celular parecida a las eucariotas.	La mayoría de las bacterias
Arqueobacterias	Procariota (b)	Química celular distintiva	Metanogenesis, halófilos, termacidofilos

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1998)

## **b. BACTERIAS**

El papel que desempeñan las bacterias en los procesos de descomposición y estabilización de materia orgánica. Por ello resulta imprescindible conocer sus características, funciones, metabolismo y proceso de síntesis.

Entre ellas tenemos:

- ✓ **Coliformes Totales:** son microbios que se presentan en la calidad del agua, estas bacterias no solo se presentan en la leche, sino que también en la vegetación y del suelo. Algunos de estos coliformes tenemos: Escherichia Coli, Citrobacter, Enterobacter y Klebsiella.

✓ **Coliformes Fecales:** se encuentran presentes en grandes cantidades en las heces humanas, y de todos los microorganismos los Escherichia Coli, tiene un origen específicamente fecal, a continuación se tiene microorganismos por cada 100 ml.

- Total de Bacterias  $10^9 - 10^{10}$
- Coliformes Fecales  $10^6 - 10^9$
- Streptococo Fecal  $10^5 - 10^6$
- Salmonella Tiphy  $10^1 - 10^4$

✓ **Composición de las excretas.**

**Heces sin orina** : 135 – 270 grs/hab/día (peso húmedo)

: 35 – 70 grs/hab/día (peso seco)

**Contenido de humedad** : 66 - 80 %

**Cuadro N° 1.7. Composición de las excretas.**

TERMINOS DE BASE SECA	HECES	ORINA
Contenido de microorganismos	88 – 97 %	65 – 85 %
Nitrógeno	5 – 7 %	15 – 19 %
Fosforo ( $P_2O_5$ )	3 – 5.4 %	2.5 - 5 %
Potasio ( $K_2O$ )	1 – 2.5 %	3 - 4.5 %
Carbono	40 – 55 %	11 - 17 %
Calcio ( $CaO$ )	4 – 5 %	4.5 - 6 %
C / N	5 – 10 %	1 / 1

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1998)

**c. HONGOS**

Muchos de los hongos son saprófitos; basan su alimentación en materia orgánica muerta. Juntos con las bacterias, los hongos son los principales responsables de la descomposición del carbono en la biosfera.

Desde el punto de vista ecológico, los hongos presentan ciertas ventajas sobre las bacterias: pueden crecer y desarrollarse en zonas de baja humedad y en ámbitos con pH bajos. Sin la colaboración de los hongos en los procesos de degradación de la materia orgánica el ciclo del carbono se interrumpiría en poco tiempo, y la materia orgánica empezaría a acumularse.

**d. ALGAS**

Son de mucha importancia en lagunas de estabilización ya que la capacidad de las algas para generar oxígeno por fotosíntesis es vital para la ecología del medio ambiente acuático. Para que una laguna de oxidación aerobia o facultativa funcione adecuadamente, la presencia de algas es necesaria para suministrar el oxígeno a las bacterias heterótrofas aerobias.

**e. PROTOZOOS**

Los protozoos son microorganismos eucariotas cuya estructura está formada por una célula abierta. La mayoría de los protozoos son aerobios, aunque se conocen algunos anaerobios. Los protozoos de importancia son las amebas, los flagelados y los ciliados libres y fijos, estos se alimentan de bacterias y otros microorganismos. Tienen una considerable eficacia, tanto en el funcionamiento de los tratamientos biológicos como en la purificación de cursos de agua ya que son capaces de mantener el equilibrio natural. Ciertos protozoos son también patógenos.

#### **f. VIRUS**

Los virus son partículas parasíticas formadas por un cordón de material genético ácido desoxirribonucleico (ADN) o ácido ribonucleico (RNA) con una capa de recubrimiento proteínico. No tienen capacidad para sintetizar compuestos nuevos.

Los virus excretados por los seres humanos pueden representar un importante peligro para la salud pública. Por ejemplo, a partir de datos experimentales, se ha podido comprobar que cada gramo de heces de un paciente con hepatitis contiene entre 10.000 y 100.000 dosis de virus hepático.

#### **g. ORGANISMOS PATOGENOS**

Los organismos patógenos que se encuentran en las aguas residuales pueden proceder de desechos humanos que estén infectados o que sean portadores de una determinada enfermedad.

Los organismos bacterianos patógenos que pueden ser excretados por el hombre causan enfermedades del aparato intestinal como la fiebre tifoidea y paratifoidea, la disentería, diarreas y cólera.

#### **h. ORGANISMOS INDICADORES**

Los organismos patógenos se presentan en el agua residual contaminada en cantidades muy pequeñas y, además, resultan difíciles de aislar y de identificar. Por ello se emplea el organismo coliforme como organismo indicador, puesto que su presencia es más numerosa y fácil de comprobar.

El sistema intestinal humano contiene innumerables bacterias conocidas como organismos Coliformes, cada humano evacua de 100,000 a 400,000 millones organismos Coliformes cada día. Por ello, se puede considerar que la presencia de

Coliformes puede ser un indicador de la posible presencia de organismos patógenos, y que la ausencia de aquellos es un indicador de que el agua está libre de organismos que puedan causar enfermedades.

**Cuadro N° 1.8: Parámetros en descargas de aguas residuales y aportes por persona**

<b>PARAMETRO</b>	<b>APORTE PERCAPITA (GR/HAB/DÍA)</b>
DBO <sub>5</sub>	45 - 55
DQO	(1.6 a 2.5)
Solidos totales	170 - 220
Solidos disueltos	50 - 150
Solidos suspendidos	70 - 145
Arena (Inorg. Ø>0.2mm)	5 - 15
Grasas	10 - 30
Alcalinidad como CaCO <sub>3</sub>	20 - 30
Nitrógeno Total como N	5 - 12
N - Organico	0.4 x N-total
N - Amoniacal	0.6 x N-total
N - Nitritos	-
N - Nitratos	-
Fosforo Total como P	0.8 - 0.4
P - Orgánico	0.3 P-total
P - Inorganico	0.7 P-total

Fuente: (Metcalf & Eddy, 1998)

### **1.6.3. CONTAMINANTES DE IMPORTANCIA EN EL TRATAMIENTO DEL AGUA RESIDUAL.**

Peña y Valencia, (1998). El agua residual vertida sobre cualquier fuente de agua natural originará en ella cierto grado de contaminación, por ello debemos controlar los

efectos indeseables a fin que el cuerpo receptor no altere sus propiedades, y sus características se vuelvan inaceptables para el uso en el que fue propuesto. En el cuadro N° 1.9, se muestra en forma muy breve y generalizada la importancia e impacto hacia el medio ambiente de los diferentes contaminantes.

**Cuadro N° 1.9. Contaminantes de importancia en el agua residual**

Contaminante	Fuente	Efectos causados por la descarga del agua
Sustancias que consumen Oxígeno (MO*biodegradable).	ARD* y ARI* (proteínas, carbohidratos, grasas, aceites).	Agotamiento del oxígeno, condiciones sépticas.
Sólidos suspendidos	ARD y ARI; erosión del suelo.	Depósito de lodo; desarrollo de condiciones anaeróbicas.
• Nitrógeno(nutriente) • Fósforo (nutriente)	ARD, ARI y ARA* ARD y ARI; descarga natural.	Crecimiento indeseable de algas y plantas acuáticas.
Materia tóxica • Metales pesados • Compuestos orgánicos tóxicos	ARI ARA y ARI	Deterioro del ecosistema; envenenamiento de los alimentos en caso de acumulación.
MO refractario (Difícil de degradar biológicamente)	ARI (fenoles, surfactantes), ARD y ARA (pesticidas, nutrientes); Materia resultante del decaimiento de la MO.	Resisten el tratamiento convencional, pero pueden afectar el ecosistema.
Sólidos inorgánicos Disueltos. • Cloruros • Sulfuros • pH	Abastecimiento de agua, uso de agua Abastecimiento agua, uso agua, ARD y ARI ARI	Incremento del contenido de sal.
Olores: H <sub>2</sub> S	Descomposición de ARD	Molestia pública

Fuente: Metcalf & Eddy (1995): \*MO; Materia orgánica \*ARD: Aguas residuales domésticas \*ARI: Aguas residuales industriales;

\*ARA: Aguas residuales agrícolas.

#### **1.6.4. CLASIFICACIÓN DE LOS MÉTODOS DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES**

Metcalf & Eddy, (1995). Aquí se presentan las definiciones y principales características de los sistemas de tratamiento de las aguas residuales municipales, aplicables a los desechos domésticos, como información indispensable para poder formular la propuesta de la planta de tratamiento. Por lo que a continuación se presenta la clasificación de los diferentes métodos empleados para el tratamiento del agua residual y además la aplicación de éstos con el fin de alcanzar los objetivos establecidos para el proceso de tratamiento.

##### **1.6.4.1. PROCESOS UNITARIAS FÍSICAS**

Se refiere a los procesos donde predomina la acción de las fuerzas físicas, que permiten separar las partículas sedimentables y no sedimentables del agua residual, remoción de partículas flotantes, retención de partículas de gran tamaño. El desbaste, mezclado, floculación, sedimentación, flotación, transferencia de gases y filtración son operaciones unitarias típicas.

##### **1.6.4.2. PROCESOS UNITARIOS QUÍMICOS.**

Son métodos de tratamiento en las cuales la eliminación o conversión de los contaminantes se consigue con la adición de productos químicos. El proceso de cloración es el más importante, ya que se aplica con mayor frecuencia en los sistemas de tratamiento de aguas.

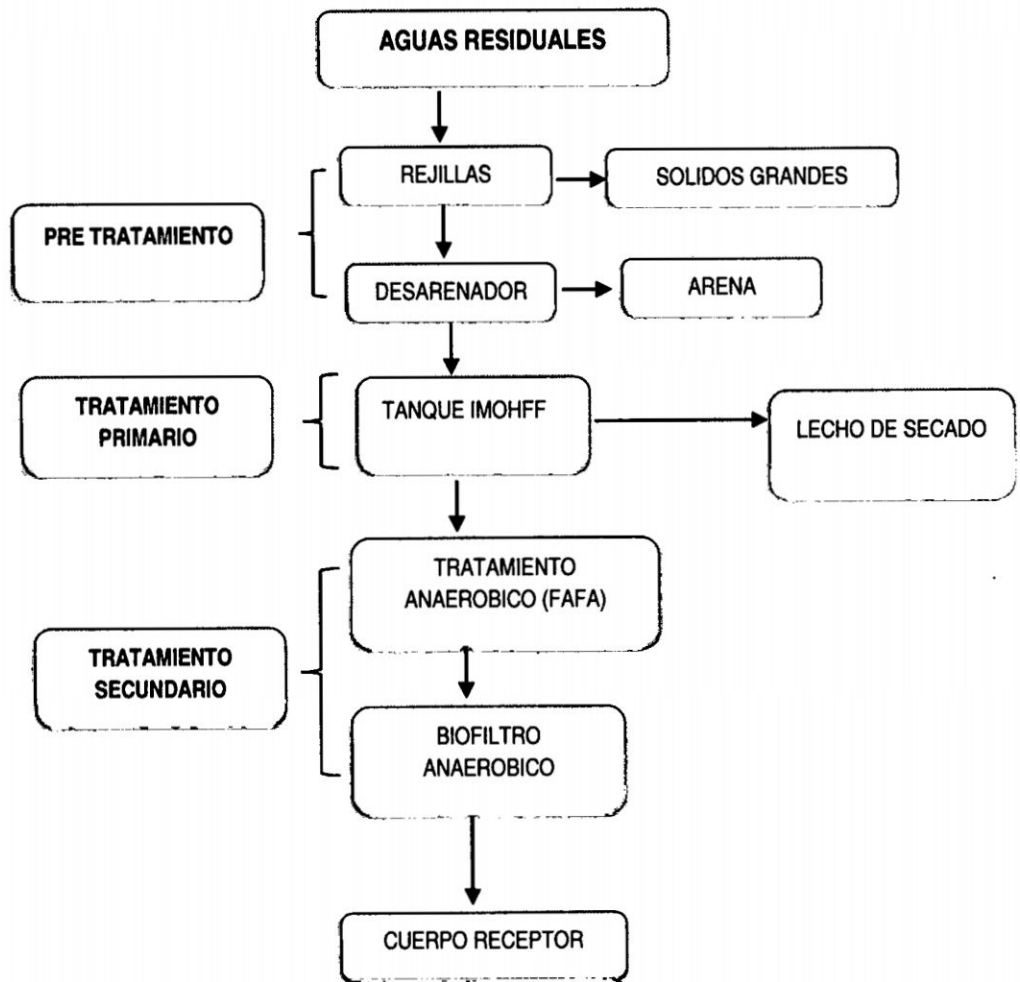
##### **1.6.4.3. PROCESOS UNITARIOS BIOLÓGICOS**

En este tipo de tratamiento se aprovecha la acción de microorganismos presentes en el agua residual, los cuales en su proceso de alimentación, degradan la materia orgánica, convirtiéndola en material celular, productos inorgánicos o material inerte.

### 1.6.5. GRADO DE TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES

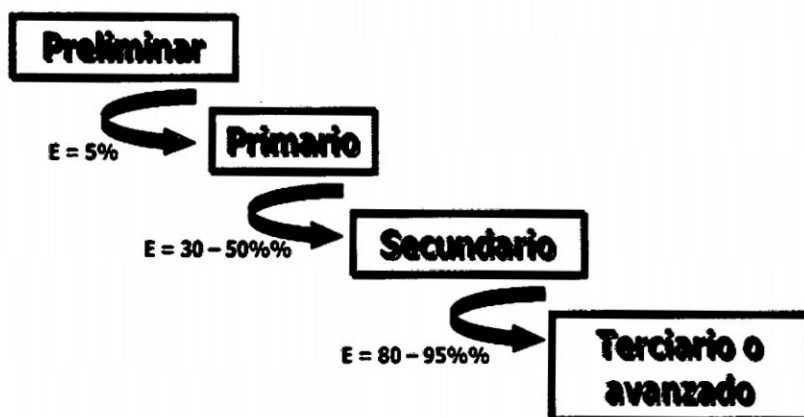
Metcalf & Eddy, (1995). Debido a los componentes indispensables las aguas residuales se logran mediante las diferentes etapas de tratamiento.

**Esquema Nº 1.2: Etapas del tratamiento de aguas residuales, subproductos y disposición final.**



Fuente: (Metcalf & Eddy, 1995) – Elaboración Propia

**Esquema N° 1.3: Grado de Remoción en cada Tratamiento.**



Fuente: Carlos Julio Collazos. Tratamiento de aguas residuales domesticas e industriales

**Cuadro N° 1.10: Remoción esperada de materia orgánica, sólidos en suspensión y microorganismos patógenos, según el tipo de procesos de tratamiento de aguas residuales.**

Procesos de tratamiento	Remoción (%)		Remoción (ciclos log10)		
	DBO	Sólidos en suspensión	Bacterias	Helmintos	Quistes
Sedimentación primaria	25 - 30	40 - 70	0 - 1	0 - 1	0 - 1
Lodos activados (a)	70 - 95	70 - 95	0 - 2	0 - 1	0 - 1
Filtros percoladores (a)	50 - 90	70 - 90	0 - 2	0 - 1	1 - 2
Lagunas aireadas (b)	80 - 90	(c)	1 - 2	0 - 1	0 - 1
Zanjas de oxidación (d)	70 - 95	80 - 95	1 - 2	0 - 1	-
Lagunas de estabilización (e)	70 - 85	(c)	1 - 6	1 - 4	2 - 4
Biofiltros	80 - 95	80 - 95	1 - 2	0 - 2	0 - 1
Desinfección	-	-	1 - 2	1 - 3	0 - 1

(b) Incluye laguna secundaria., (c) Dependiente del tipo de lagunas, (d) Seguidas de sedimentación, (e) Dependiendo del número de lagunas y otros factores como: Temperatura, periodo de retención y forma de las lagunas. 1 ciclo de log10 =90% remoción; 2 ciclos = 99%; 3 ciclos = 99.9%; etc.

Fuente: Norma Técnica OS.090.

**Cuadro N° 1.11: Rango de eficiencia observada para el tratamiento de agua residual con TANQUE IMOHFF, FAFA y filtro biológico aireado.**

Parámetro	DESAGÜE	PRELIMINAR Y PRIMARIO	TRAT. SECUNDARIO		Valor Efluente	Posibilidad de Reúso
			FAFA	FILTRO PERCOLADOR		
<b>DBO</b>	400-250 mg/l	15% 340-225	55%-75% Sale: 165-120 mg/l	83%-95% 30-10 mg/L	10 a 25 mg/L	<b>Ok</b>
<b>TSS</b>	150-190 mg/L	30% 80-120 mg/L	50-60% 50-85 mg/L	70-95% <30 mg/L	20 a 30 mg/L	<b>Ok</b>
<b>CF</b>	10 <sup>8</sup> -10 <sup>7</sup> NMP/100ml	-	90% 10 <sup>7</sup> -10 <sup>6</sup> NMP/100ml	0-2 Log. De Magnitud 10 <sup>7</sup> -10 <sup>5</sup> NMP/100ml	10 <sup>7</sup> -10 <sup>5</sup> NMP/100ml	<b>Desinfección o Lagunas</b>

Fuente: Municipalidad Metropolitana de Lima – PTAR.

### 1.6.5.1. PRE TRATAMIENTO

RNE, (2012). El pre-tratamiento de las aguas residuales se define como el proceso de eliminación de los constituyentes de las aguas residuales cuya presencia pueda provocar problemas de mantenimiento y funcionamiento de los diferentes procesos, operaciones y sistemas auxiliares. Como ejemplos de pre tratamientos podemos citar el desbaste y dilaceración para la eliminación de sólidos gruesos y trapos, la flotación para la eliminación de grasas y aceites y el desarenado para la eliminación de la materia en suspensión gruesa que pueda causar obstrucciones en los equipos y un desgaste excesivo de los mismos. Las unidades del pre tratamiento más importante son:

- ✓ Rejas
- ✓ Desarenadores

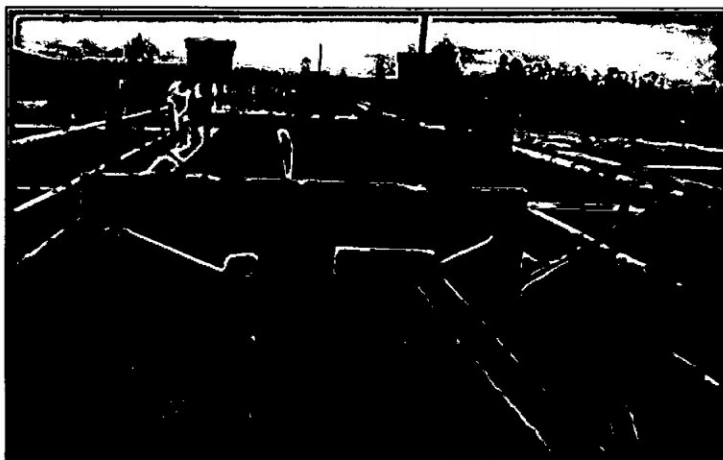
## A. REJILLAS

Son dispositivos constituidos por barras metálicas paralelas e igualmente espaciadas, las cuales pueden ser rectas o curvadas. Ubicada a la entrada del recinto de la planta, su finalidad es retener los sólidos gruesos y flotantes como plásticos, ramas, basuras y pequeños artículos contenidos en el agua residual que pueden alterar posteriormente el proceso del tratamiento.

**Cuadro N° 1.12: Parámetros de diseño de Cámara de Rejas.**

Parámetros	Norma Recomendada
Forma de barra	Rectangular, no debe utilizarse barras de refuerzo.
Espesor de Barra	5 -15 mm
Ancho de Barra	30 – 75 mm
Espaciamiento o separación (abertura) entre barras	25 – 50 mm 20 - 50 mm recomendado para que las heces humanas pasen por las barras.
Inclinación con la vertical	45° – 60°
Plataforma de drenaje	Suficiente para el almacenamiento temporal del material retenido en condiciones sanitarias.
Canaleta de desvío (By – pass)	Suficiente para desviar el caudal máximo durante una emergencia.
Material de construcción de barras y plataforma de drenaje	Acero inoxidable o galvanizado; aluminio
Velocidad de aproximación	0.30 – 060 m/s (recomendable 0.45 m/s)
Tiempo de retención en canal de aproximación	≥ 3 s
Largo de canal de aproximación	≥ 1.35 m
Velocidad a través de las barras	≤ 0.6 – 0.75 m/s para caudal máximo horario.
Perdida de carga máxima	0.15 m
Cantidades de material retenido	0.008 – 0.038 m <sup>3</sup> /1000 m <sup>3</sup>
Disposición final de residuos	Solución técnica utilizando métodos sanitarios

Fuente: RNE. OS.090. Planta de tratamiento de aguas residuales.



**Figura N° 1.5: Rejilla fija con limpieza manual**

### **ECUACIONES PARA DETERMINAR EL DISEÑO DE LA CÁMARA DE REJAS**

Moscoso y León, (1996). Las ecuaciones para determinar la cámara de rejillas están en base a las normas peruanas.

#### **a) Calculo del área efectiva (A<sub>u</sub>):**

$$A_u = \frac{Q_{\text{maxhorario}}(\text{m}^3/\text{s})}{V_{\text{reja obstruida}}(\text{m/s})} \quad \text{(Ecuación N° 1.4)}$$

#### **b) Calculo de Eficiencia (%E):**

$$E = \frac{a}{a+t} \quad \text{(Ecuación N° 1.5)}$$

Dónde:

- t: Espesor de barras propuestas (1/4")
- a: Separación libre entre cada barra (1")

#### **c) Área del caudal a nivel del agua (S):**

$$S = \frac{A_u}{E} \quad \text{(Ecuación N° 1.6)}$$

Dónde:

- Au: Área efectiva
- E: % de eficiencia

**d) Calculo de la Tirante (y)**

$$y = \frac{S}{a}$$

(Ecuación N° 1.7)

Dónde:

- S: Área del caudal a nivel del agua
- a: Ancho del canal de entrada a considerar (0.30 m)

**e) Área total de la cámara rejás**

$$At = \frac{Q_{\max \text{ hor}} * Tr}{\text{Tirante (y)}}$$

(Ecuación N° 1.8)

Dónde:

- At: Área total
- Qmax hor: Caudal máximo horario
- Tr: Tiempo de retención (10 seg)
- y: Tirante

**f) Longitud de la Cámara Rejas**

$$L = \frac{At}{a}$$

(Ecuación N° 1.9)

Dónde:

- As: Área del caudal a nivel del agua
- a: Ancho del canal de entrada

**g) Nivel máximo de agua en la cámara de rejas (dmax)**

$$d_{\max} = \frac{Q_{\max \text{ horario}}}{V \cdot B}$$

**Ecuación N° 1.10)**

Dónde:

- Qmax hor: Caudal Máximo horario
- V: velocidad a través de reja limpia
- B: Ancho de canal para rejas

**h) La longitud sumergida de la reja (L S) será:**

$$L_s = \frac{d_{\max}}{\sin \theta}$$

**(Ecuación N° 1.11)**

Dónde:

- dmax: nivel máximo de agua
- Angulo de inclinación de las barras.

Sí N° = Número de barras que conforman la reja, entonces:

$$N^{\circ} = \frac{(B - a)}{(a + t)}$$

**(Ecuación N° 1.12)**

Dónde:

- B: Ancho de canal para rejas
- t: Espesor de barras propuestas (1/4")
- a: Separación libre entre cada barra (1")

**i) Para el cálculo del radio hidráulico (R) se tiene:**

$$R = \frac{B \times d_{\max}}{B + 2d_{\max}}$$

**(Ecuación N° 1.13)**

184955

Dónde:

- B: Ancho de canal para rejas
- dmax: nivel máximo de agua

**j). Pendiente de la plantilla del canal (S)**

De Cheezy – Manning

$$v = \left(\frac{1}{n}\right) \left(R^{\frac{2}{3}}\right) \cdot \left(S^{\frac{1}{2}}\right)$$

(Ecuación Nº 1.14)

Dónde:

- V = Velocidad de reja limpia = 0.3 m/seg.
- n = Coeficiente de rugosidad, para concreto = 0.013
- S = Pendiente
- R = Radio Hidráulico

**k). Velocidad de aproximación Va; < 0.3-0.6> (NT. S.010)**

$$V_a = V_r \times E$$

(Ecuación Nº 1.15)

Dónde:

- Va = Velocidad de aproximación
- Vr = Velocidad de reja
- E: Eficiencia

**l). Calculo de pérdida de carga con 50% de ensuciamiento Velocidad con 50% de colmatación.**

$$V_b = 2 \times V_r$$

(Ecuación Nº 1.16)

Dónde:

- Vb = Velocidad con colmatación
- Vr = Velocidad de rejillas

#### m) Pérdida de carga

$$H_f = \frac{1}{0.7} \times \left( \frac{V_b^2 - V_a^2}{2g} \right) \quad \text{(Ecuación N° 1.17)}$$

Dónde:

- Hf = Pérdida de carga
- Vb = Velocidad con colmatación
- Va = Velocidad de aproximación
- g = gravedad

### B. DESARENADOR

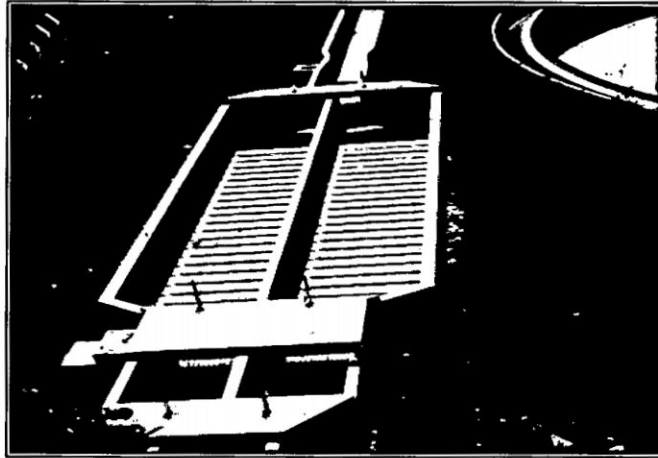
RNE, (2006). Permite retener las partículas con velocidad de sedimentación mayor o peso específico superior a los sólidos orgánicos putrescibles de las aguas residuales tales como arenas, grava y objetos metálicos, entre otros, aprovechando el efecto de la gravedad sobre los cuerpos pesados, los cuales tienden a depositarse cuando el agua fluye a velocidades muy lentas.

Está constituido por un desarenador de flujo horizontal, de sección rectangular, con una tolva de sección trapezoidal para la acumulación de arenas.

**Cuadro N° 1.13: Parámetros de diseño del Desarenador**

Parámetros	Norma Recomendada
Velocidad horizontal	$V_{\max} = 0.3 \text{ m/s}$ $V_{\min} \geq 0.8 V_{\max}$
Velocidad de sedimentación	0.02 m/s (Partículas de 0.2 mm)
Forma de la sección transversal	Rectangular (con un resalto entre la cota del desarenador y la de la canaleta Parshall)
Tiempo de retención hidráulica	$\leq 60 \text{ s para } V_{\min}$ $\geq 45 \text{ s para } V_{\max}$ $V_{\max} = 0.3 \text{ m/s}$ $V_{\min} = 0.3 C_v$
Largo del canal	$45 V_{\max} \leq L \leq 60 V_{\min}$ $13.5 \text{ min} \leq L \leq 18 C_v$
Relación Ancho: Profundidad	1:1 – 5:1
Relación Largo: Ancho	3:1 – 5:1
Sección de control de velocidad	Canaleta de Parshall prefabricada con flujo libre
Carga en el canal aguas abajo la canaleta Parshall para asegurar flujo libre	$\leq 60\%$ de la carga en el desarenador
Número de canales	Dos en paralelo, cada uno con drenaje (uno en operación y otro para limpieza).

Fuente: RNE. OS.090. Planta de tratamiento de aguas residuales.



**Figura N° 1.6: Desarenadores de flujo horizontal en paralelo**

### **ECUACIONES PARA DETERMINAR EL DISEÑO DEL DESARENADOR**

Moscoso y León, (1996). Las ecuaciones para determinar la cámara de rejas están en base a las normas peruanas.

#### **a) Velocidad de sedimentación de las partículas $d_s = 0.2\text{mm}$**

$$V_s = \frac{g (P_s - P) d^2}{18u} \quad \text{(Ecuación N° 1.18)}$$

Dónde:

- g: Gravedad ( $9.81 \text{ m/s}^2$ )
- $P_s$ : Peso específico de la partícula arenas
- P: Peso específico del fluido
- d: Diámetro de las partículas

#### **b) Periodo de retención**

$$Tr = \frac{GR + H}{V_s} \quad \text{(Ecuación N° 1.19)}$$

Dónde:

- GR: Grado de Remoción y Grado de Desarenador ( $9.81 \text{ m/s}^2$ )

- H: Profundidad (La profundidad a considerar es 1.0 m)

- Vs: Velocidad de Sedimentación

**c) Volumen del Desarenador:**

$$V = Tr \times Q \quad \text{(Ecuación N° 1.20)}$$

Dónde:

- Tr: Tiempo de retención.

- Q: Caudal máximo horario

**d) Área del Desarenador:**

$$A_d = \frac{V}{H} \quad \text{(Ecuación N° 1.21)}$$

Dónde:

-  $A_d$ : área del Desarenador

- H: Profundidad Util (100 cm)

**e) Ancho del Desarenador:**

$$B = \frac{A_d}{X} \quad \text{(Ecuación N° 1.22)}$$

Dónde:

-  $A_d$ : Tiempo de retención.

- X: Relación de Largo - Ancho

**f) Largo del desarenador:**

$$L = X \times B \quad \text{(Ecuación N° 1.23)}$$

Dónde:

- B: Ancho del desarenador

- X: Relación de Largo – Ancho

**g) Longitud adicional por turbulencia:**

$$La = 0.25L$$

(Ecuación N° 1.24)

Dónde:

- La = longitud adicional por turbulencia (m)
- V = Longitud del desarenador (m)

**h) Cálculo de volumen de arena depositada en el canal desarenador (m3/día):**

Se estima que el **volumen retenido de arena** será de 30 lt = 0.03m<sup>3</sup> por cada 1000 m<sup>3</sup> de agua.

$$V_{\text{Arena}} = \frac{(\text{Volumen retenido}) * (\text{Caudal maximo diario})}{1000}$$

(Ecuación N° 1.25)

Previendo su retiro o limpieza cada 5 días se determina la altura que se profundizara el fondo de las cajas para el almacenamiento de la arena.

$$5 \text{ Vol arena} = b.L.h$$

(Ecuación N° 1.26)

Despejando h; se tiene:

$$h = \frac{5 \text{ Vol arena}}{b.L}$$

(Ecuación N° 1.27)

### 1.6.5.2. TRATAMIENTO PRIMARIO

RNE, (2012). En el tratamiento primario se elimina una fracción de los sólidos en suspensión y de la materia orgánica del agua residual. Esta eliminación suele llevarse a cabo mediante operaciones físicas tales como el tamizado y la

sedimentación. El efluente del tratamiento primario suele contener una cantidad considerable de materia orgánica y una DBO alta.

El tratamiento primario frecuentemente se denomina clarificación, sedimentación o decantación. La finalidad del tratamiento por sedimentación es eliminar los sólidos fácilmente sedimentables y del material flotante y, por lo tanto reducir el contenido de sólidos en suspensión en el agua. Entre los beneficios del tratamiento primario se incluyen:

- ✓ Reducción de los sólidos en suspensión
- ✓ Reducción de la DBO<sub>5</sub>
- ✓ Reducción de la cantidad de fango activado en exceso en la planta de fangos activados
- ✓ Separación del material flotante
- ✓ Homogeneización parcial de los caudales y carga orgánica

#### **A. TANQUE IMHOFF**

RNE, (2012). Los tanques Imhoff tienen una operación muy simple y no requiere de partes mecánicas, sin embargo, para su uso concreto es necesario que las aguas residuales pasen por los procesos de tratamiento preliminar de cribado y de remoción de arenas. El tanque Imhoff típico es de forma rectangular y se divide en tres compartimientos:

- a. Cámara de sedimentación.
- b. Cámara de digestión de lodos.
- c. Área de ventilación y acumulación de natas.

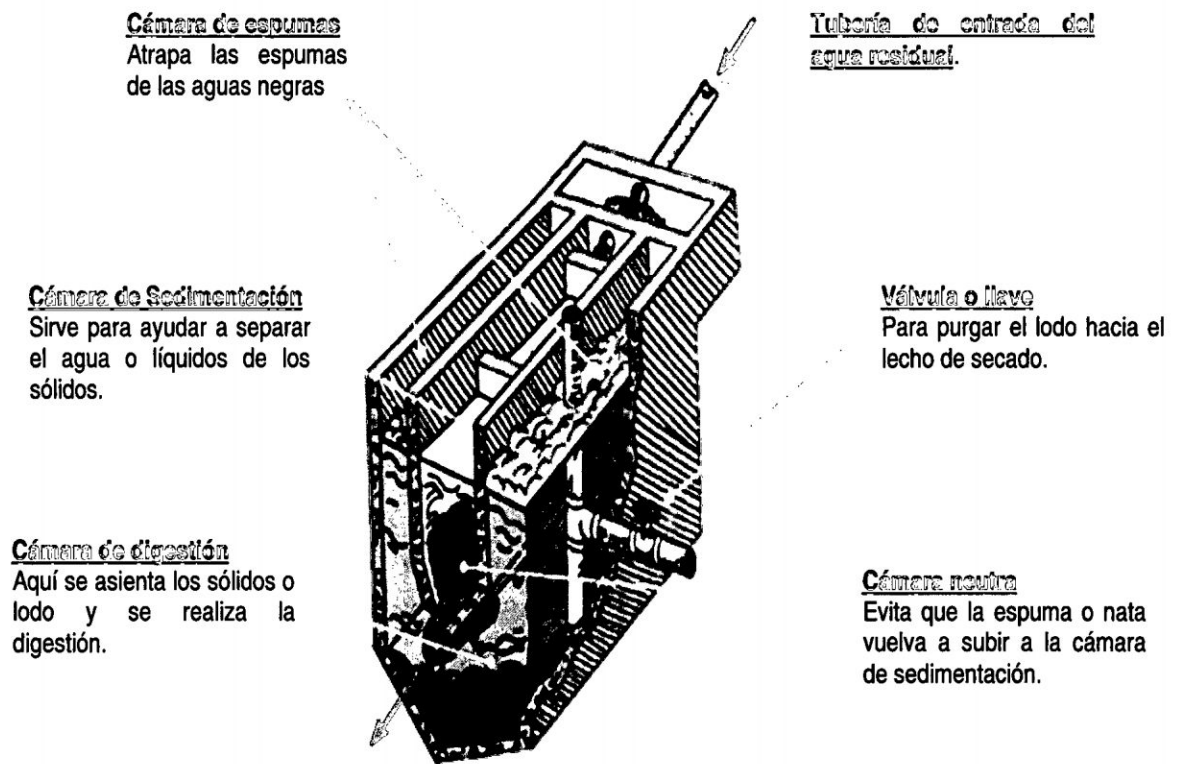
Su función biológica es la retención por medio de sedimentación y digestión de lodos en cámaras inferiores o tanques de doble propósito, debido a que en su cámara

superior permite la sedimentación de las aguas negras, es decir se efectuara la separación de los líquidos y sólidos, mientras que un su cámara inferior permite la digestión de la materia orgánica (recibida por gravedad) después de un tiempo de permanencia del agua bajo condiciones anaerobias en donde las bacterias se descomponen la materia orgánica y lo convierte en lodo y con velocidades muy lentas del agua.

**Cuadro Nº 1.14: Parámetros de diseño de Tanque Imhoff**

Descripción	Parámetros	Norma Recomendada
<b>Cámara de sedimentación</b>	Forma de la cámara	Sección trasversal en forma de V y la pendiente de los lados respecto a la horizontal tendrá entre 50° a 60°.
	Abertura situada en el fondo del Sedimentador	15 a 20 cm
	Relaciones geométricas y características del dispositivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La profundidad se encuentra entre 2 y 3,5 m (recomendable 3 m).</li> <li>• Relación largo-ancho entre 3 y 10 (recomendable 4).</li> <li>• Relación largo-profundidad entre 5 y 30.</li> </ul>
<b>Cámara de digestión</b>	Altura máxima de los lodos	0,50 m por debajo del fondo del Sedimentador.
	Forma de la cámara	Forma de un tronco de pirámide invertido (tolva de lodos)
	Angulo de inclinación	15° a 30° con respecto a la horizontal.
<b>Área de ventilación</b>	Volumen de esta zona	Igual a la mitad del volumen de la cámara de digestión.
	El área de la superficie de la cámara	25 al 30% de la proyección horizontal de la parte superior de la cámara de digestión.
<b>Extracción de lodos</b>	Tubería	200 mm de diámetro de hierro fundido

Fuente: RNE. OS.090. Planta de tratamiento de aguas residuales.



**Figura N° 1.7: Vista frontal del Tanque Imhoff**

## **ECUACIONES PARA DETERMINAR EL DISEÑO DEL TANQUE IMHOFF**

Moscoso y León, (1996). Las ecuaciones para determinar la cámara de rejillas están en base a las normas peruanas.

### **A) Diseño del tanque sedimentador:**

El área requerida para el proceso de sedimentación se determinara con una carga superficial de  $1\text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ , calculado en base al caudal medio.

#### **✓ Caudal de diseño**

Esto se verificara con el consumo por años.

$$Q_m = \frac{\text{Poblacion} * \text{Dotacion}}{1000} * \% \text{Contribucion} \quad (\text{Ecuación N° 1.28})$$

Dónde:

- $Q_m$ : Caudal medio diario de aguas residuales (m<sup>3</sup>/hora)
- % de contribución (60% – 80%)
- Dotación; en litro/hab/día

✓ **Área superficial del Sedimentador**

$$A_s = \frac{Q_{\text{medio diario}}}{C_s} \quad \text{(Ecuación N° 1.29)}$$

Dónde:

- $C_s$  = Carga superficial, igual a 1 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>\*hora)

Proponiendo una relación de largo/ancho de 4 a 1, se calcula el largo y ancho del tanque:

$$\frac{L}{A} = 4$$

$$A_s = 4L^2 \quad \text{(Ecuación N° 1.30)}$$

✓ **Volumen del Sedimentador ( $V_s$ , en m<sup>3</sup>)**

$$V_s = Q_{\text{medio diario}} \times R \quad \text{(Ecuación N° 1.31)}$$

Dónde:

- $R$ : Periodo de retención hidráulica, entre 1,5 a 2,5 horas (recomendable 2 horas).
- El fondo del tanque será de sección transversal en forma de V y la pendiente de los lados respecto a la horizontal tendrá de 50° a 60°.
- En la arista central se debe dejar una abertura para paso de los sólidos removidos hacia el digestor, esta abertura será de 0,15 a 0,20 m.

- Uno de los lados deberá prolongarse, de 15 a 20 cm, de modo que impida el paso de gases y sólidos desprendidos del digestor hacia el sedimentador, situación que reducirá la capacidad de remoción de sólidos en suspensión de esta unidad de tratamiento.

✓ **Longitud mínima del vertedero de salida.**

$$L_v = \frac{Q_{\text{maximo diario}}}{Ch_v} \quad \text{(Ecuación N° 1.32)}$$

Dónde:

- $L_v$ : Longitud mínima del vertedero (m)
- $Q_{\text{max}}$ : Caudal máximo diario de diseño, en m<sup>3</sup>/día.
- $Ch_v$ : Carga hidráulica sobre el vertedero, estará entre 125 a 500 m<sup>3</sup>/(m\*día), (recomendable 250).

✓ **Velocidad de arrastre.**

Es para evitar la resuspension de las partículas sedimentadas, las velocidades horizontales a lo largo del tanque deben mantenerse lo suficientemente bajas. A partir de los resultados de los estudios realizados por SHIELDS (1936), desarrollo la siguiente ecuación para calcular la velocidad critica horizontal.

$$V_A = \left[ \frac{8k(s-1)gd}{f} \right]^{1/2} \quad \text{(Ecuación N° 1.33)}$$

Dónde:

- $V_A$  = Velocidad horizontal a la cual se inicia el arrastre de partículas
- $K$  = constante que depende del material arrastrado = 0.05

- $s$  = Peso específica de las partículas = 1.25
- $d$  = Diámetro de las partículas = 0.003 m
- $f$  = Factor de fricción de Darcy Weisbach = 0.025
- $g$  = Aceleración de la gravedad

Los valores usuales de  $k$  son: 0.05 para arenas unigranulares y 0.06 para partículas más aglomeradas.

El factor de fricción de Darcy Weisbach depende de las características de la superficie sobre la que tiene lugar el flujo y el número de Reynolds. Los valores usuales de  $f$  van desde 0.02 hasta 0.03, esta ecuación se puede usar tanto en unidades del sistema inglés como en unidades del sistema internacional, siempre y cuando se haga en forma consistente ya que  $k$  y  $f$  son adimensionales.

### **B. Diseño del digestor**

El volumen de lodos se determinará considerando la reducción de 50% de sólidos volátiles, con una densidad de 1,05 Kg/l y un contenido promedio de sólidos de 12.5% (al peso). El compartimiento será dimensionado para almacenar los lodos durante el proceso de digestión de acuerdo a la temperatura.

#### **✓ Volumen de almacenamiento y digestión.**

Para el compartimiento de almacenamiento y digestión de lodos (cámara inferior) se tendrá en cuenta la siguiente Cuadro N° 1.15.

**Cuadro N° 1.15: Parámetros Temperatura – Factor de Capacidad Relativa.**

Temperatura °C	Factor de Capacidad Relativa (fcr)
5	2.0
10	1.4
15	1.0
20	0.7
>25	0.5

Fuente: RNE. OS.090. Planta de tratamiento de aguas residuales.

Para el compartimiento de almacenamiento y digestión de lodos (cámara inferior) se tendrá en cuenta el cuadro N° 1.17.

$$Vd = \frac{70 \cdot P \cdot fcr}{1000} \quad (\text{Ecuación N° 1.34})$$

Dónde:

- Vd: Volumen de Almacenamiento y Digestión (m<sup>3</sup>)
- fcr : factor de capacidad relativa.
- P : Población.
- El fondo de la cámara de digestión tendrá la forma de un tronco de pirámide invertida (tolva de lodos), para facilitar el retiro de los lodos digeridos.
- Las paredes laterales de esta tolva tendrán una inclinación de 15° a 30° con respecto a la horizontal.
- La altura máxima de los lodos deberá estar 0,50 m por debajo del fondo del Sedimentador.

### C. Extracción de lodos

Los lodos digeridos deberán retirarse periódicamente, para estimar la frecuencia de retiros de lodos se usarán los valores consignados en el cuadro N° 1.16.

**Cuadro Nº 1.16: Parámetros Temperatura – Frecuencia de remoción de lodos.**

<b>Temperatura °C</b>	<b>Frecuencia de remoción de lodos</b>
5	110
10	76
15	55
20	40
>25	30

Fuente: RNE. OS.090. Planta de tratamiento de aguas residuales.

La frecuencia de remoción de lodos deberá calcularse en base a estos tiempo referenciales, considerando que existirá una mezcla de lodos frescos y lodos digeridos; estos últimos ubicados al fondo del digestor. De este modo el intervalo de tiempo entre extracciones de lodos sucesivas deberá ser por lo menos el tiempo de digestión a excepción de la primera extracción en la que se deberá esperar el doble de tiempo de digestión.

El diámetro mínimo de la tubería para la remoción de lodos será de 200 mm y deberá estar ubicado 15 cm por encima del fondo del tanque. Para la remoción se requerirá de una carga hidráulica mínima de 1,80 m.

#### **D. Área de ventilación y cámara de natas**

Para el diseño de la superficie libre entre las paredes del digestor y el sedimentador (zona de espuma o natas) se tendrán en cuenta los siguientes criterios:

- El espaciamiento libre será de 1,0 m como mínimo.
- La superficie libre total será por lo menos 30% de la superficie total del tanque.
- El borde libre será como mínimo de 0,30 cm.

### E. Calculo de las tasas de remoción de DBO y SST a caudales medio y máximo.

Información habitual a cerca de la eficiencia en la remoción de DBO y SST en tanques de sedimentación primaria, como función de la concentración afluente y el tiempo de retención usando la siguiente expresión:

$$R = \frac{t}{a+bt} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 1.35)$$

Dónde:

- R = % de remoción esperado.
- t = Tiempo nominal de retención (en horas)
- a, b = Constantes empíricas.

En el cuadro N° 1.117, se observa las constantes empíricas de la ecuación, se toman los siguientes valores a una temperatura de 20 °C.

**Cuadro N° 1.17. Constantes Empíricas.**

Variable	a,h	b
DBO	0.018	0.020
SST	0.0075	0.014

Fuente: RNE. OS.090. Planta de tratamiento de aguas residuales.

Los tanques de sedimentación primaria son capaces de remover entre un 30 a un 60% de los sólidos totales en suspensión (SST) y de reducir la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) entre 25 a 35%.

#### 1.6.5.3. TRATAMIENTO SECUNDARIO

RNE, (2012). El tratamiento secundario de las aguas residuales está principalmente encaminado a la eliminación de los sólidos en suspensión y de los compuestos

orgánicos biodegradables, aunque a menudo se incluye la desinfección como parte del tratamiento secundario.

Para efectos de la presente norma de diseño se consideraran como tratamiento secundario a los procesos biológicos aerobios y anaerobios y físico-químicos (floculación) para reducir la mayor parte de la DBO, consigue eliminar hasta un 85-95% de la DBO y de los sólidos en suspensión, y la mayor parte de los metales pesados incluye los siguientes sistemas:

#### **1.6.5.3.1. PROCESO ANAEROBIO**

Son aquellos en los cuales las bacterias que realizan la degradación de la materia orgánica no pueden vivir en presencia de oxígeno libre. Ellas utilizan el oxígeno químicamente combinado. Dentro de los procesos anaerobios podemos mencionar:

- a) Lagunas Anaerobias.
- b) RAFA (reactor anaerobio de flujo ascendente), FAFA y biofiltros.
- c) Filtro Anaerobio.

#### **A. FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE (FAFA).**

RNE, (2012). Los Filtros Anaerobio de Flujo Ascendente son usualmente utilizados como tratamientos secundarios de aguas residuales domésticas. La estructura principal que constituye dicho sistema es un tanque cuyas dimensiones de diseño dependerán de las características del afluente, principalmente su caudal y carga orgánica, pues de dicho factor dependerá el tiempo de retención del afluente dentro del sistema.

La principal característica de un FAFA es que disponen de medio de soporte dentro del tanque, el cual tiene como objetivos garantizar una mayor retención de sólidos,

promover la proliferación bacteriana sobre su superficie, favoreciendo a la oxidación anaerobia de materia orgánica por parte de los microorganismos presentes.

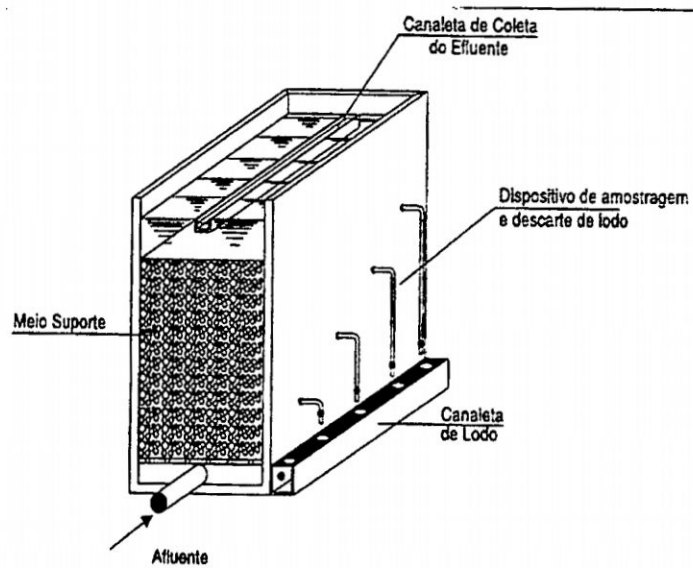
El principio físico de su funcionamiento radica en su característica de Flujo Ascendente, pues el afluente ingresa al filtro por su parte inferior y el proceso de llenado lo lleva a cruzar la totalidad del medio filtrante en forma ascendente, en el cual ocurren los procesos físicos, químicos y microbiológicos que realizan la depuración del afluente. Por último, el efluente tiene salida por la parte superior del filtro a aproximadamente 0,30 m sobre el medio filtrante

Tanto en el proceso UASB como en el FAFA la remoción de materia orgánica en términos de Demanda Bioquímica de Oxígeno, oscila entre el 60 y 80%, valores típicos para aguas negras, que pueden elevarse en el caso de algunas aguas residuales industriales.

**Cuadro Nº 1.18: Parámetros de diseño para el Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA).**

Descripción	Parámetros	Norma Recomendada
FAFA	Profundidad útil	1.80 - 2.00
	Ancho	1.00 – 10.00 m, pero dependerá de las necesidades de diseño
	Volumen útil mínimo	1,25 m <sup>3</sup> , el máximo dependerá de las necesidades de diseño.
	Altura del medio soporte	1,2 m
	Falso fondo	0.30 – 0.60 m sobre el fondo
	Salida del efluente	mantener nivel de líquido mínimo de 30 cm sobre el lecho

Fuente: RNE. OS.090. Planta de tratamiento de aguas residuales.



**Figura N° 1.8. Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA).**

**ECUACIONES PARA DETERMINAR EL DISEÑO DEL FILTRO ANAEROBICO DE FLUJO ASCENDENTE.**

Moscoso y León, (1996). Las ecuaciones para determinar la cámara de rejillas están en base a las normas peruanas.

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales como Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente generalmente se diseñan en función del tiempo de retención ( $T_r$ ), el cual depende del caudal y varía en cuanto a las cargas de contaminantes del agua residual del influente y de la eficiencia que se quiere obtener luego de dicho tratamiento.

**Cuadro N° 1.19: Caudal recomendado según tiempo de retención requerido.**

Q(l/d)	Tr (d)	
	15 – 25 °C	< 15 °C
< 1500	1.00	1.17
1501 - 3000	0.92	1.08
3001 - 4500	0.83	1.00
4501 - 6000	0.75	0.92

6001 - 7500	0.67	0.83
7501 - 9000	0.58	0.75
> 9000	0.50	0.75

Fuente: Moscoso y León, (1996). Curso de Tratamiento de Aguas Residuales.

**Cuadro N° 1.20: Concentraciones de M.O según el tiempo de retención.**

<b>Concentración Materia Orgánica Afluyente (DBO<sub>5</sub> Total, mg/L)</b>	<b>Rango de Tiempo de Retención Hidráulico (horas)</b>	<b>Tiempo recomendado para el diseño, td (horas)</b>
50 – 80	3 – 12	5.25
80 – 300	2.5 – 12	5.25
300 – 1000	2.5 – 12	5.25
1000 – 5000	3 – 12	7.0

Fuente: Moscoso y León, (1996). Curso de Tratamiento de Aguas Residuales

**a. Carga orgánica.**

Se limita a un valor máximo de 16 kg DQO/m<sup>3</sup>.d, pero en general se trabaja no superando los 12 kg DQO/m<sup>3</sup>.d

**b. Velocidad superficial:**

Se limita a valores inferiores de 1.0 m/h para evitar el arrastre de sólidos con el efluente.

**c. Volumen útil: De acuerdo a la norma:**

$$V = 1.60 \times N \times C \times Tr$$

(Ecuación N° 1.36)

Dónde:

- V: volumen total del filtro (m<sup>3</sup>)
- N: Habitantes contribuyentes al sistema (hab)
- C: contribución por habitante (l/hab.d)

- Tr: Tiempo retención hidráulica (d)

**d. Área horizontal:**

$$A = V/H \quad \text{(Ecuación N° 1.37)}$$

Dónde:

- H = profundidad útil del filtro (1.8m).

**e. Tiempo de Retención Hidráulica:**

En la tabla siguiente aparecen los valores de tiempo de retención hidráulica que se deben usar para el diseño de este tipo de unidades.

$$TRH = V / Q \quad \text{(Ecuación N° 1.38)}$$

Dónde:

- V = Volumen Útil FAFA (m<sup>3</sup>)
- Q = Caudal de Diseño (m<sup>3</sup>/h)

**f. Eficiencia:**

$$E = 100 (1 - 0.87 \times TRH^{-0.50}) \quad \text{(Ecuación N° 1.40)}$$

Pueden esperarse eficiencias de entre 60 - 95% cuando se usan como post tratamiento de efluentes de tanque Imhoff o tanques sépticos.

### 1.6.5.3.2. PROCESO AEROBIO

Son aquellos en los cuales las bacterias que realizan la degradación de la materia orgánica, necesitan oxígeno libre para vivir. Dentro de los procesos aerobios podemos mencionar:

- a. Lodos activados (incluidas las zanjas de oxidación, y otras variantes).
- b. Lagunas Aireadas

- c. Lagunas Aerobias
- d. Filtros percoladores Biológicos

#### **A. FILTROS PERCOLADORES BIOLOGICOS**

RNE, (2012). Un filtro percolador es una cama de grava o un medio plástico sobre el cual se rocían las aguas negras pretratadas. En el caso de los filtros percoladores con medio filtrante de piedra, el diámetro de las piedras oscila entre 2.5 y 10 centímetros, la profundidad del lecho varía en cada diseño particular, pero suele situarse entre 0.90 y 2.50 metros, con una profundidad media de 1.80 metros. Los filtros percoladores pueden tener diversas formas ya sean cuadrados, rectangulares, circulares, etc.

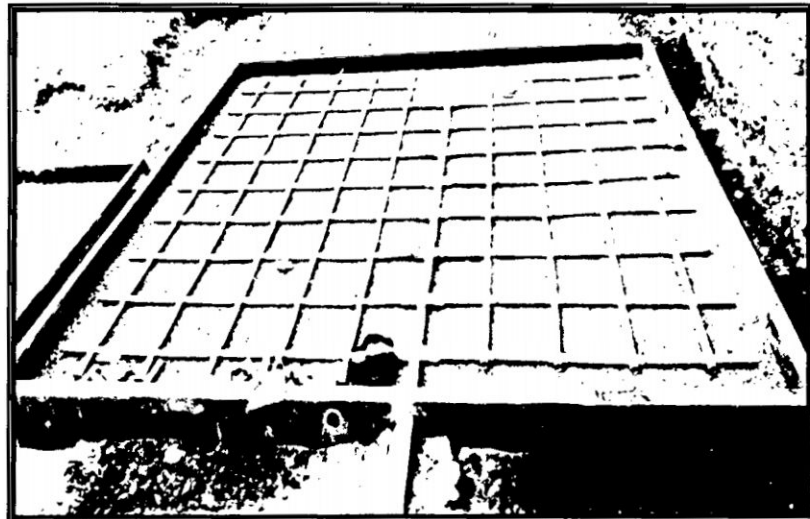
En este sistema de filtro percolador, los microorganismos se apegan al medio del lecho y forman una capa biológica sobre éste. A medida que las aguas negras se percolan por el medio, los microorganismos digieren y eliminan los contaminantes del agua. Un filtro percolador puede reducir:

- ✓ La demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ), que es la medición de la cantidad del oxígeno disuelto que necesitan los microorganismos para descomponer la materia orgánica.
- ✓ El nivel alto de  $DBO_5$  por lo general indica agua de mala calidad; un nivel bajo de  $DBO_5$  normalmente indica agua de buena calidad. El sacar los sólidos disueltos de las aguas negras permite bajar el nivel de  $DBO_5$
- ✓ Los patógenos, u organismos que causan enfermedades.
- ✓ Los Coliformes fecales, o bacteria de los desechos humanos o animales.

**Cuadro N° 1.21: Parámetros de diseño del Filtro Percolador Biológico**

Elemento	Baja carga	Carga intermedia	Carga alta	Muy alta carga	Desbaste
Carga hidráulica m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> . día	1.20-3.50	3.5-9.4	9.4-37.55	11.70-70.40	47-188
Carga orgánica Kg de BO/m <sup>3</sup> . Día	0.08-0.40	0.25-0.50	0.50-0.95	0.48-1.60	1.6-8
Profundidad m	1.80-2.40	1.80-2.40	0.90-1.80	-	-
Relación de recirculación	0	0-1	1-2	1-2	1-4
Moscas en el filtro	Abundantes	Algunas	Escasas	Escasas o ninguna	Escasas o ninguna
Arrastre de sólidos	Intermitentes	Intermitente	Continua	Continua	Continua
Eficiencia de eliminación de la DBO %	8-90	50-70	65-85	65-80	40-65
Efluente	Bien nitrificado	Parcialmente nitrificado	Escasamente nitrificado	Escasamente nitrificado	No nitrificado

Fuente: NORMA: OS.090 - Metcalf & Eddy (1995).



**Figura N° 1.7. Vista Panorámica del Filtro Percolador Biológico.**

## ECUACIONES PARA DETERMINAR EL DISEÑO DEL FILTRO PERCOLADOR

Moscoso y León, (1996). Las ecuaciones para determinar la cámara de rejillas están en base a las normas peruanas.

### a) Cálculo de la eficiencia.

$$E = \frac{S_o - S_f}{S_o} \quad \text{(Ecuación N° 1.41)}$$

Dónde:

- E = Eficiencia del sistema
- $S_o$  = DBO afluente de entrada a filtro
- $S_f$  = DBO efluente final o deseada según norma técnica peruana.

### b) Cálculo de la eficiencia para cada filtro E

Para el diseño se usarán las ecuaciones del NCR (National Research Council U.S.A.).

$$E = \frac{100}{1 + 0.4425 \left(\frac{W}{V.F}\right)^{0.5}} \quad \text{(Ecuación N° 1.42)}$$

Dónde:

- E = Rendimiento de eliminación de la DBO.
- W = Carga de DBO
- V = Volumen del filtro
- F = Factor de recirculación

$$E = \frac{1+r}{(1+0.1r)^2} \quad \text{(Ecuación N° 1.43)}$$

r = Razón de circulación.

**c) Cálculo de la carga de Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO) del primer filtro.**

$$W = (\text{DBO influente}) (Q_{md}) \quad (\text{Ecuación N}^\circ 1.44)$$

Dónde:

- DBO influente = DBO remoción
- $Q_{md}$  = Caudal Medio

**d) Cálculo del volumen para la primera etapa usando la Ecuación de la Eficiencia.**

$$V = \left[ \frac{100}{E} - 0.4425\sqrt{WF} \right]^2 \quad (\text{Ecuación N}^\circ 1.45)$$

**e) Cálculo del área**

$$A = V/h \quad (\text{Ecuación N}^\circ 1.46)$$

Dónde:

- A = área del filtro
- V = volumen del filtro
- h = altura del filtro

**f) Cálculo de la carga orgánica**

$$\text{Carga de DBO} = W/V \quad (\text{Ecuación N}^\circ 1.47)$$

Dónde:

- V = volumen del filtro
- W = Carga de DBO

**g) Cálculo de la carga hidráulica**

$$\text{Carga hidráulica} = Q_{max}/A \quad (\text{Ecuación N}^\circ 1.48)$$

Dónde:

- $Q_{max}$  = Caudal máximo horario
- $A$  = área del filtro

#### 1.6.5.4. TRATAMIENTO DE LODOS

Moscoso y León (1996). Los lodos son un subproducto del tratamiento de las aguas residuales. Puede ser primario, secundario o digerido. Las características de los lodos varían con la composición del agua residual y con el tipo de tratamiento.

Consiste en acondicionar la recepción, filtrado, secado y acondicionamiento de los lodos con el fin de evitar que éstos contaminen de nuevo el agua depurada o la fuente hídrica en forma directa o indirecta. A través de este tratamiento se hace posible el aprovechamiento de los lodos para la agricultura. Estos son:

- ✓ Lecho de secado
- ✓ Compostaje

Para proceder al diseño de instalaciones de tratamiento de lodos, se realizará un cálculo de la producción de lodos en los procesos de tratamiento de la planta, debiéndose tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- ✓ El cálculo se realizará para caudales y concentraciones medias y temperaturas correspondientes al mes más frío.
- ✓ Para lodos primarios se determinará el volumen y masa de sólidos en suspensión totales y volátiles teniendo en consideración los porcentajes de remoción, contenido de sólidos y densidades.

**Cuadro N° 1.22: Composición típica de los lodos**

PARAMETRO	LODO PRIMARIA SIN TRATAR		LODO PRIMARIO DIRIGIDO		LODO ACTIVADO SIN TRATAR
	Rango	Típico	Rango	Típico	Rango
ST, % (Materia Seca)	5 – 9	6	2 – 5	4.0	0.8 – 1.2
STV, % de ST	60 – 80	65	30 – 60	40	59 – 88
Nitrógeno, % de ST	1.5 – 4.0	2.5	1.6 – 3.0	3.0	2.4 – 5.0
Fosforo, % ST (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0.8 – 2.8	1.6	1.5 – 4.0	2.5	2.8 – 11
Alcalinidad ( mg/L CaCO <sub>3</sub> )	500 - 1500	600	2500 - 3500	3000	580 - 1100

Fuente: Metcalf & Eddy

#### A. LECHO DE SECADO

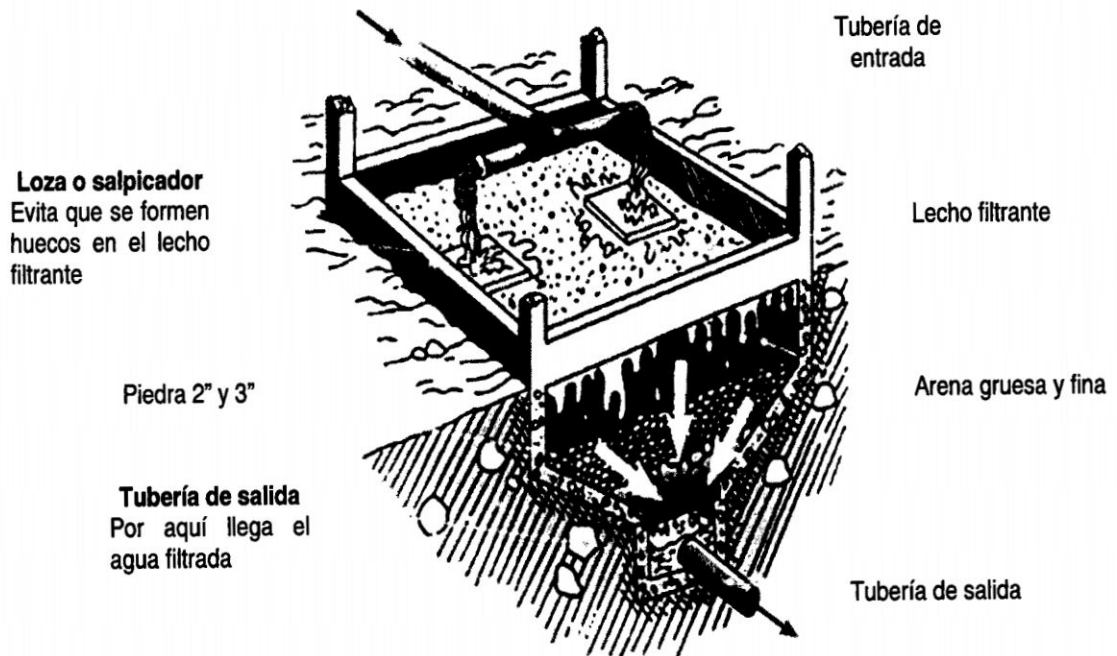
Moscoso y León (1996). Los lechos de secado de lodos son generalmente el método más simple y económico de deshidratar los lodos estabilizados (lodos digeridos), lo cual resulta lo ideal para pequeñas comunidades.

El funcionamiento de los patios de secado se distribuye los lodos en capas de 15 a 20 cm de espesor. Se produce una pérdida de agua por evaporación y la otra parte es conducida al cuerpo receptor. El lodo seco es inofensivo y puede utilizarse para rellenar depresiones de terreno o como fertilizante.

**Cuadro N° 1.23: Producción de lodos en litros por persona por día**

Descripción	Lodos nuevos (lts/p/día)	Lodos digeridos (lts/p/día)	Lodos secos (lts/p/día)
Sedimentación primaria	1.09	0.30	0.10
Filtros biológicos	1.50	0.50	0.15
Lodos activados	1.80	0.80	0.20

Fuente: Metcalf – Eddy



**Figura N° 1.10: Lecho de Secado.**

### **ECUACIONES PARA EL DISEÑO DEL LECHO DE SECADO**

Moscoso y León, (1996). Las ecuaciones para determinar la cámara de rejillas están en base a las normas peruanas.

#### **a. Carga de sólidos que ingresa al sedimentador (C, en Kg de SS/día).**

$$C = Q * S * 0.0864 \quad \text{(Ecuación N° 1.49)}$$

Dónde:

- S: Sólidos en suspensión en el agua residual cruda mg/l
- Q: Caudal promedio de aguas residuales o caudal de diseño.

A nivel de proyecto se puede estimar la carga en función a la contribución per cápita de sólidos en suspensión, de la siguiente manera:

$$C = \frac{\text{Poblacion futura} * \text{Contribucion percapita} \left( \frac{\text{grSS}}{\text{hab}} * \text{dia} \right)}{1000}$$

(Ecuación N° 1.50)

En las localidades que cuentan con el servicio de alcantarillado, la contribución per cápita se determina en base a una caracterización de las aguas residuales. Cuando la localidad no cuenta con alcantarillado se utiliza una contribución per cápita promedio de 90 gr.SS/(hab\*día).

**b. Masa de sólidos que conforman los lodos (Msd, en Kg SS/día).**

$$Msd = (0.5 * 0.7 * 0.5 * C) + (0.05 * 0.3 * C) \quad \text{(Ecuación N° 1.51)}$$

Dónde:

- Msd: Masa de sólidos en Kg de SS/día
- C: Carga de Sólidos en Kg de SS/día

**c. Volumen diario de lodos digeridos (Vld, en litros/día).**

$$Vld = \frac{Msd}{\rho \text{ lodo} * (\% \text{ de solidos} / 100)} \quad \text{(Ecuación N° 1.52)}$$

Dónde:

- $\rho$  lodo: Densidad de los lodos, igual a 1,04 Kg/l. % de sólidos: % de sólidos contenidos en el lodo, varía entre 8 a 12%.

**d. Volumen de lodos a extraerse del tanque (Vel, en m3)**

$$Vel = \frac{Vld * Td}{1000} \quad \text{(Ecuación N° 1.53)}$$

Dónde:

- Td = tiempo de digestión (días)

**e. Área de lecho de secado (Als, en m3)**

$$Als = \frac{Vel}{Ha} \quad \text{(Ecuación N° 1.54)}$$

Dónde:

- Ha: Profundidad de aplicación, entre 0,20 a 0,40m

Alternativamente se puede emplear la siguiente expresión para obtener las dimensiones unitarias de un lecho de secado

$$\frac{m3 \text{ de lecho}}{\text{habitante}} = \frac{\text{Rendimiento volumetrico del digestor (m3/ N° de personas)}}{\text{Numero de aplicaciones(años)} * \text{Profundidad de inundacion (m)}}$$

(Ecuación N° 1.55)

Considerando el número de aplicaciones al año, verificar que la carga superficial de sólidos aplicado al lecho de secado se encuentre entre 120 a 200 Kg de sólidos/(m2\*año).

## **1.7. SISTEMA DE BOMBEO - TUBERIA**

### **1.7.1. LINEA DE GRADIENTE HIDRAULICO (BOMBA – TUBERIA).**

Saldarriaga, (2007). Línea de impulsión o aducción en un sistema por bombeo, es el tramo de tubería que conduce el agua desde la estación de bombeo hasta el reservorio, mediante un dispositivo que esta accionada por un motor eléctrico, la potencia eléctrica se puede calcular a partir de la potencia hidráulica generada.

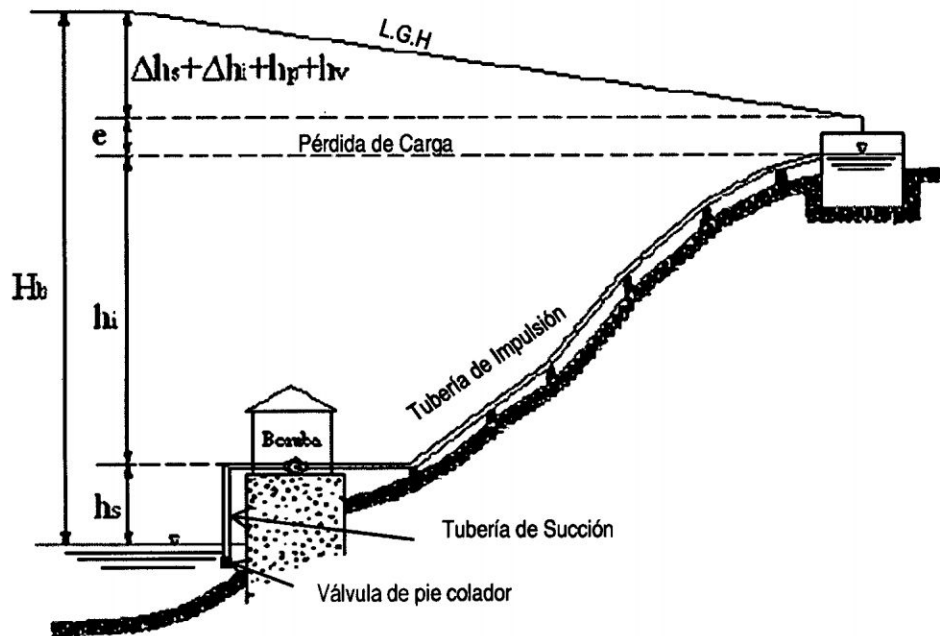
La presencia de bombas en sistemas de tuberías afecta a las líneas de energía total y piezométrica del flujo, ya que las bombas son máquinas hidráulicas cuyo objetivo es

convertir energía mecánica de rotación en energía cinética o potencial del fluido dentro del sistema.

La línea de gradiente hidráulica (L.G.H), indica la presión de agua a lo largo de la tubería bajo condiciones de operación.

La línea gradiente hidráulica se traza partiendo de la estación de bombeo con la altura dinámica total y la presión residual de llegada al reservorio.

La figura N° 1.11. Muestra las líneas de energía total y de gradiente hidráulico o línea piezométrica para un sistema de bombeo, el cual incluye una bomba única colocada sobre una tubería simple (diámetro y rugosidad absoluta constantes).



**Figura N° 1.11: Líneas de gradiente Hidráulico y energía total (Sistema por bombeo)**

$$H_b = h_s + h_i + \Delta h_s + \Delta h_i + \frac{v^2}{2g} + h_p + h_v + e \quad \text{(Ecuación N° 1.56)}$$

Dónde:

- Hb = Altura total de bombeo en (m)

- $h_s$  = Altura geométrica de succión en (m)
- $h_i$  = Altura geométrica de impulsión en (m)
- $\Delta h_s$  = Altura de pérdida de carga en la tubería de succión en (m)
- $\Delta h_i$  = Altura de pérdida de carga en la tubería de impulsión en (m)
- $h_p$  = Altura de carga de sistemas hidroneumáticos (m)
- $v$  = Altura de grandes caudales en (m/s)
- $g$  = Altura de grandes caudales en (m/s<sup>2</sup>)
- $h_v$  = Altura de grandes caudales en (m)
- $e$  = Altura (presión) mínima de llegada al tanque en (m)
- $e \geq 2,00$  (m)

**Altura total de aspiración o succión:** Representa la presión a la entrada de la bomba. Es la suma Algebraica de la altura estática de aspiración (distancia de la superficie libre del líquido al eje de la bomba), presión existente sobre el líquido y pérdidas de carga por rozamiento de la tubería de aspiración.

**Altura total de impulsión:** Es la suma algebraica de la altura estática de impulsión, pérdida de carga en la impulsión y presión sobre el líquido en el punto de recepción.

La diferencia entre las alturas totales de impulsión y de aspiración es la carga de la bomba, es decir, la energía que ha de ser conferida al fluido.

A partir de la figura anterior, esta última ecuación se puede reducir para obtener la siguiente expresión.

$$\Sigma H = (H_{\text{Topografica}} + h_f + h_m) \quad \text{(Ecuación N° 1.57)}$$

Dónde:

- $H_T$  = altura topográfica que debe ser vencida por la bomba.
- $H_f$  = Pérdida de cargas por fricción
- $H_m$  = Pérdida de carga por accesorios.

En el diagrama es claro que la bomba debe vencer la altura estática  $H_T$  más las pérdidas menores y las de fricción.

## 1.7.2. SISTEMA DE BOMBEO

### 1.7.2.1. BOMBAS

Saldarriaga, (2007). Las bombas son los elementos que aportan energía para vencer las pérdidas de carga y la diferencia de alturas entre dos puntos. Fuerzan al fluido a circular en un determinado sentido. Aunque se puede obligar a que el fluido atraviese una bomba en sentido contrario, esta situación es anómala.

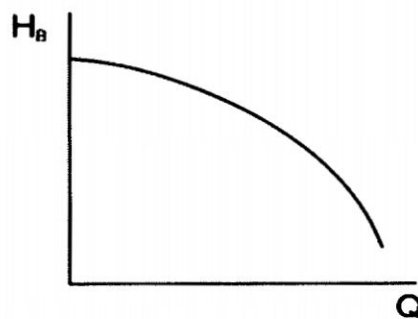


Figura N° 1.12: Altura de elevación de una bomba

### 1.7.2.2. TIPOS Y CARACTERÍSTICAS

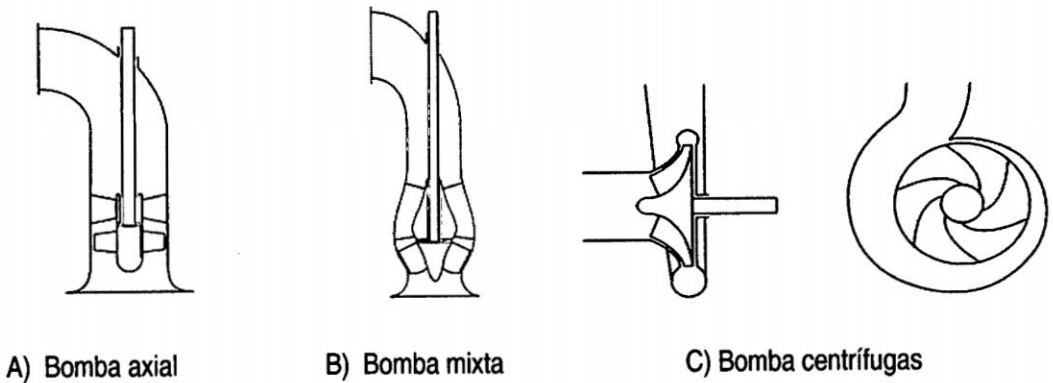
Las bombas más utilizadas en los sistemas de bombeo convencionales son las centrífugas y las axiales. Estas bombas pueden impulsar un caudal mayor a medida que disminuye la resistencia o diferencia de altura que deben vencer.

Para el bombeo del agua residual, es muy importante elegir bombas que garanticen un funcionamiento adecuado con bajos costos de mantenimiento. La selección de las bombas se basa en los siguientes parámetros.

- Naturaleza del agua residual a evacuar
- Presión o carga a desarrolla (altura dinámica total)
- Caudal del efluente

El nombre común para las radiales es **bombas centrífugas**<sup>1</sup>, y así se denominarán en adelante, a pesar de que algunos autores utilizan este término para referirse a todo el conjunto de bombas rotodinámicas.

La utilización de bombas axiales está indicada cuando se necesitan grandes caudales con pequeñas alturas de elevación. **Las Centrífugas**, cuando se necesitan grandes alturas y pequeños caudales. Las bombas mixtas constituyen un caso intermedio.



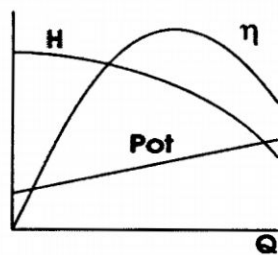
**Figura N° 1.13: Tipos de Bombas.**

Para asegurar el funcionamiento del emisor, se hace necesario contar con una estación de bombeo equipado con bombas del tipo turbina.

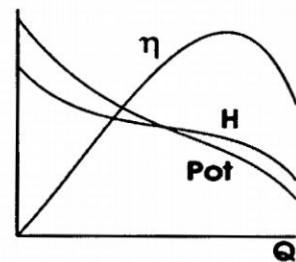
<sup>1</sup> Las bombas centrífugas son recomendadas para bombear desde ríos, lagos, canales y pozos. Las bombas centrífugas, como su nombre lo indica, emplean fuerza centrífuga para elevar el agua hacia lugares más altos. Ellas también permiten la operación de los emisores en los sistemas de riego por presión.

### 1.7.2.3. CURVA CARACTERÍSTICA DE UN SISTEMA BOMBA-TUBERÍA

La altura de elevación de una bomba rotodinámica depende fundamentalmente del caudal que circula por ella, lo que quiere decir que va a estar definida por su acoplamiento con el sistema. Si se considera la bomba de forma aislada, la curva que representa la altura proporcionada por la bomba en función del caudal se llama curva característica.



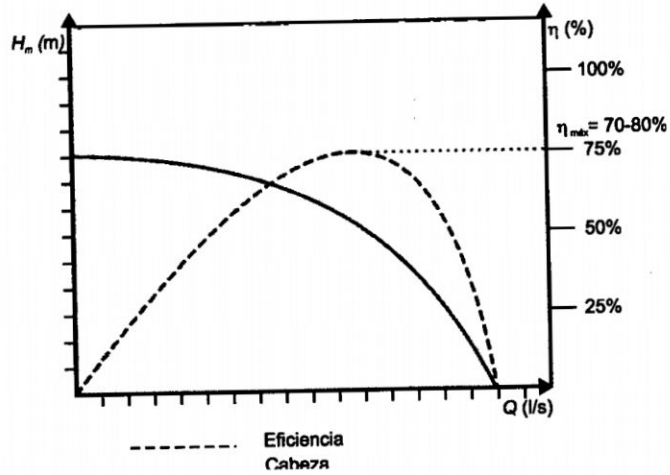
a) Curva característica de una  
Bomba centrífuga



b) Curva característica de una  
Bomba axial

**Figura Nº 1.14: Curvas Características de las bombas.**

La **figura a)** muestra una curva característica típica de una bomba centrífuga, y la **figura b)** la de una bomba axial. La pendiente de ambas curvas es negativa, lo que quiere decir que cuanto mayor sea la altura que el sistema exija, menor es el caudal que la bomba puede proporcionar. Las curvas de altura total contra caudal y contra eficiencia son suministradas por los fabricantes de las bombas. La primera de éstas (Q vs.  $H_m$ ) se conoce como la curva de la bomba.



**Figura N° 1.15: Eficiencia vs Caudal**

La potencia hidráulica, es decir, la suministrada por la bomba al fluido, es:

$$Pot_H = \gamma Q H \quad \text{(Ecuación N° 1.58)}$$

Dónde:

- $Pot_H$ : Potencia Hidráulica en Kg.m/s
- $\gamma$ : Peso específico del fluido en Kg/m<sup>3</sup>, ( $\gamma = \rho \cdot g$ )
- Q: Gasto en m<sup>3</sup>/s
- H: es la energía total con respecto al plano de referencia en m.

Y el rendimiento de la bomba viene definido por:

$$n_B = \frac{\gamma Q H}{75 P} \quad \text{(Ecuación N° 1.59)}$$

La potencia de la bomba se calcula mediante la fórmula:

$$P = \frac{\gamma Q H}{75 n_B} \quad \text{(Ecuación N° 1.60)}$$

Dónde:

- P: Potencia Hidráulica en Kg.m/s
- $\gamma$ : Peso específico del fluido en Kg/m<sup>3</sup>, ( $\gamma = \rho \cdot g$ )

- Q: Caudal o Gasto en m<sup>3</sup>/s
- H: es la energía total con respecto al plano de referencia en m.
- $\eta_B = 0.75$  (eficiencia del grupo de bombeo)

### 1.7.3. CAUDAL DE BOMBEO

Rocha, (2007). El caudal de bombeo, se debe determinar bajo los siguientes criterios:

- ✓ Si el sistema tiene tanque de almacenamiento, el caudal de bombeo deberá estimarse en función del caudal máximo diario y el número de horas de bombeo.
- ✓ Si el bombeo se realiza directamente a la red de distribución, el caudal de bombeo debe ser igual al caudal máximo diario. (Q<sub>maxd</sub>).

La determinación del caudal de bombeo, dependerá del rendimiento de la fuente y las limitaciones de energía:

$$Q_b = Q_{\max_d} * \frac{24}{N}$$

(Ecuación N° 1.61)

Dónde:

- Q<sub>b</sub> = Caudal de bombeo en l/s
- Q<sub>max.d</sub> = Caudal máximo diario en l/s
- N = Número de horas de bombeo

El número de horas de bombeo y el número de operaciones (arranques) en un día, dependerá de los siguientes factores:

- ✓ Rendimiento de la fuente
- ✓ Consumo de agua
- ✓ Limitaciones de energía
- ✓ Costo

Por razones económicas y operativas, se aconseja que el período de bombeo en un día deba ser menor a 12 horas, que podrán ser distribuidas en una o más operaciones (arranques) de bombeo diario.

#### 1.7.4. DIAMETRO DE LA TUBERÍA DE SUCCIÓN

Rocha, (2007). El empleo de la tubería de succión, solo se realizará cuando se utilicen bombas centrífugas y axiales con motores externos no sumergibles.

Para el diseño del diámetro de succión deben considerarse los siguientes criterios:

- ✓ El diámetro de la tubería de succión debe ser un diámetro comercial mayor que el diámetro de impulsión. Las bombas vienen diseñadas para el diámetro de succión recomendado.
- ✓ La velocidad en la tubería de succión debe estar entre 0,60 m/s y 0,90 m/s.
- ✓ El diámetro de la tubería de succión puede calcularse con la siguiente expresión:

$$d_s = 1.1284 * \sqrt{\frac{Q_b}{v}} \quad \text{(Ecuación N° 1.62)}$$

Dónde:

- $d_s$  = Diámetro de la tubería de succión en m
- $Q_b$  = Caudal de bombeo en m<sup>3</sup>/s
- $v$  = Velocidad media de succión en m/s

#### 1.7.5. DIAMETRO DE LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN

Rocha, (2007). Para el cálculo del diámetro económico en instalaciones que son operadas continuamente, debe emplearse la fórmula de Bresse:

$$D = k * \sqrt{Q_b} \quad \text{(Ecuación N° 1.63)}$$

Dónde:

- D = Diámetro económico en m
- K = Coeficiente, k = 1,00 a 4,40
- Q<sub>b</sub> = Caudal de bombeo en m<sup>3</sup>/s

Para el cálculo del diámetro económico en instalaciones que no son operadas continuamente, debe emplearse la siguiente fórmula:

$$D = 1.30 * x^{1/4} * \sqrt{Q_b} \quad \text{(Ecuación N° 1.64)}$$

Dónde:

- D = Diámetro económico en m

- $x = \frac{\text{N° de horas de bombeo}}{24}$

- Q<sub>b</sub> = Caudal de bombeo en m<sup>3</sup>/s

En el diseño y cálculo de tuberías de impulsión se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- ✓ El diámetro de la tubería de impulsión, para distancias largas, debe ser elegido sobre la base de una evaluación económica que compare diámetros, potencia del motor, consumo de energía y costos.
- ✓ El diámetro de la tubería de impulsión, para distancias cortas, puede determinarse en base a la velocidad, que deberá estar entre un rango de 1,50 m/s a 2,0 m/s.
- ✓ La tubería de impulsión no debe ser diseñada con cambios bruscos de dirección de flujo.
- ✓ Deben instalarse los dispositivos necesarios para evitar el contraflujo del agua, cuando la bomba deja de trabajar o en caso de que exista falla eléctrica.

- ✓ Debe considerarse el fenómeno de golpe de ariete y en consecuencia dotar al sistema de dispositivos que aseguren los riesgos debidos a este efecto.
- ✓ A la salida de la bomba debe proyectarse una válvula de retención y una de compuerta. Se debe considerar la instalación de uniones flexibles de acuerdo a la importancia del sistema, a fin de mitigar los efectos de vibración.
- ✓ En todo cambio de dirección deben considerarse elementos de anclaje y sujeción para la tubería.

## **1.8. DISEÑO DE RESERVORIO O REGULACION**

Pittman, (1997). Son los que regulan la diferencia de volumen que se produce entre el ingreso de agua al reservorio (teóricamente constante) y la salida de agua, constituida principalmente por la demanda horaria, la cual es variable durante las horas del día.

La función principal es almacenar agua cuando el suministro es menor que el consumo y entregar el déficit cuando el consumo supera al suministro; y suministrar presión adecuada a la red de distribución para satisfacer la demanda de agua.

### **1.8.1 CAPACIDAD DEL RESERVORIO.**

Para determinar la capacidad del reservorio, es necesario considerar la compensación de las variaciones horarias de consumo y los eventuales desperfectos en la línea de conducción.

El reservorio debe permitir que la demanda máxima que se produce en el consumo sea satisfecha a cabalidad, al igual que cualquier variación en el consumo registrada en las 24 horas del día.

### 1.8.2. TIPOS DE RESERVORIOS

Los reservorios de almacenamiento pueden ser elevados, apoyados y enterrados. Los elevados que generalmente tienen forma esférica, cilíndrica y de paralelepípedo, son construidos sobre torres, columnas, pilotes, etc.; los apoyados que principalmente tienen forma rectangular y circular, son construidos directamente sobre la superficie del suelo; y los enterrados, de forma rectangular, son construidos por debajo de la superficie del suelo.

### 1.8.3. CALCULO DE LA CAPACIDAD DEL RESERVORIO

Pittman, (1997). Para el cálculo del volumen de almacenamiento se utilizan métodos gráficos y analíticos.

Los primeros se basan en la determinación de la "curva de masa" o de "consumo integral", considerando los consumos acumulados; para los métodos analíticos, se debe disponer de los datos de consumo por horas y del caudal disponible de la fuente, que por lo general es equivalente al consumo promedio diario.

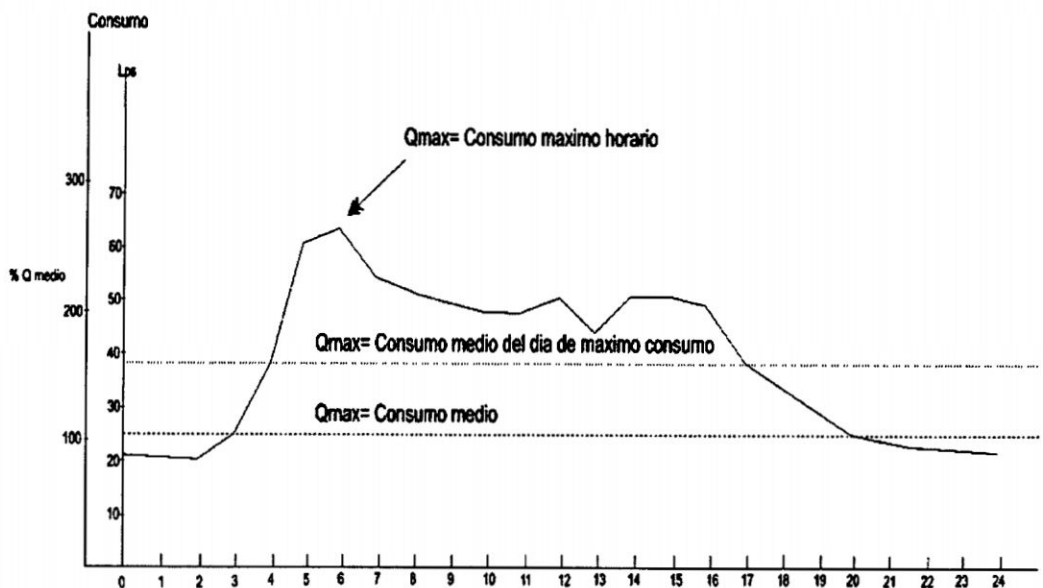


Figura Nº 1.16: Curva de variaciones horarias del día de máximo consumo

## 1.9. FLUJO EN TUBERIAS

### 1.9.1. REDES EN TUBERIAS DE CONDUCCION

Rocha, (2007). Los fluidos son sustancias capaces de fluir y que se adaptan a la forma de los recipientes que los contienen. Cuando está en equilibrio los fluidos no pueden soportar fuerzas tangenciales o cortantes. Todos los fluidos son comprensibles en cierto grado y ofrecen poca resistencia a los cambios de forma.

### 1.9.2. ECUACIONES PARA EL DISEÑO DE TUBERIAS CIRCULARES.

#### A. EFECTOS DE VISCOSIDAD

Schaum, (2005). El efecto de la mayor o menor viscosidad del fluido sobre las condiciones del flujo, se expresa mediante el parámetro adimensional denominado **Número de Reynolds** que queda expresado en la siguiente manera:

$$Re = \frac{vL}{\nu} \quad \text{(Ecuación N° 1.65)}$$

En tuberías se considera como longitud característica al diámetro de la tubería (D), por lo cual la expresión anterior queda expresada de la siguiente manera.

$$Re = \frac{vD}{\nu} \quad \text{(Ecuación N° 1.66)}$$

La elección de la longitud característica, es un asunto puramente convencional, sin embargo, se debe dejar preestablecido de manera clara, cual es la longitud característica, y trabajar en todo el proceso con dicho valor.

Como se dijo anteriormente, el número de Reynolds representa la relación existente entre las fuerzas viscosas y las fuerzas inerciales. Cuando las fuerzas viscosas son

mayores que las fuerzas inerciales, se dice que es un flujo laminar<sup>2</sup>, el caso contrario a este es conocido como flujo turbulento<sup>3</sup>.

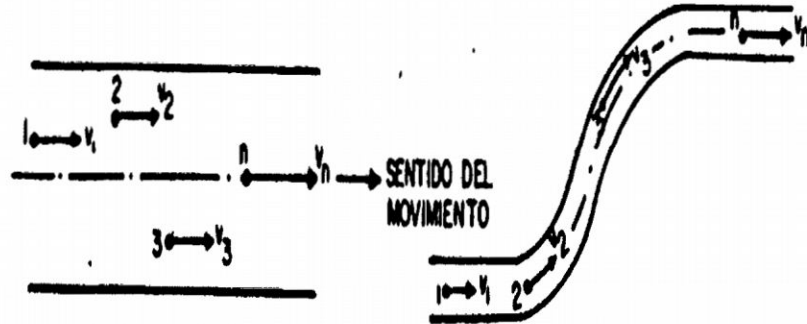


Figura Nº 1.17: Trayectoria de las partículas en un Flujo Laminar.

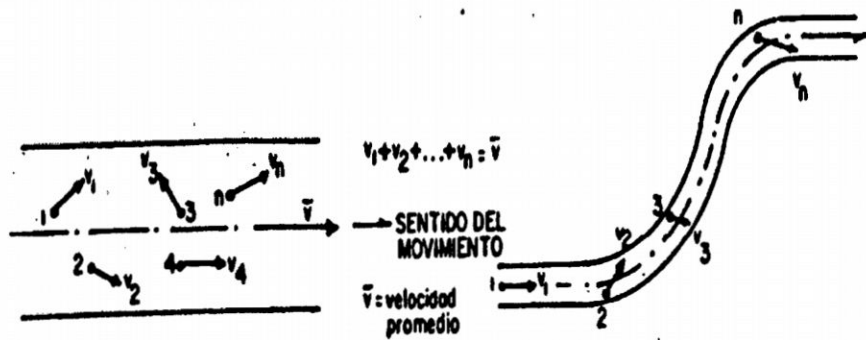


Figura Nº 1.18: Trayectoria de las partículas en un Flujo Turbulentos.

En el agua, que tiene un valor de viscosidad muy pequeño, el flujo laminar, muy raramente se presenta en problemas reales de ingeniería. En caso de reales es muy frecuente encontrarse con flujos turbulentos plenamente desarrollados.

## B. RUGOSIDAD

Schaum, (2005). Si pudiéramos observar microscópicamente el contorno de una tubería, observaríamos las protuberancias o aspereza del contorno. Dichas

<sup>2</sup> Flujo Laminar: es aquel en que el movimiento de las partículas del fluido tiene solamente el sentido y la dirección del movimiento principal del fluido. Se puede presentar en un un conducto cerrado trabajando a presión (tubería), canal abierto.  $Re < 2300$ .

<sup>3</sup> Flujo Turbulento: es aquel en que el movimiento de las partículas del fluido tienen desplazamiento sentidos diferentes, se pueden presentar en el mismo tipo de conductos referidos al régimen laminar.  $Re > 5000$ ,  $2300 < Re < 5000$ , el flujo puede ser laminar o turbulento (zona de transición).

asperezas son diferentes en forma y tamaño, y dan lugar a la aparición de pequeñas corrientes vorticosas secundarias y producen una modificación en las condiciones del escurrimiento.

Designamos por  $k$  al diámetro de los granos y  $a$  al radio. Al valor de  $k$  (o al de  $a$ ), se le denomina rugosidad absoluta. La influencia de la rugosidad en el escurrimiento depende del tamaño del conducto, es decir del radio de la tubería. En este caso denominaremos rugosidad relativa a la relación siguiente o a su inversa.



Figura N° 1.19: Aspeza del contorno de la tubería.

**C. RESISTENCIA DE SUPERFICIE EN EL MOVIMIENTO UNIFORME.**  
**ECUACIÓN DE DARCY - WEISBACH**

Schaum, (2005). Consideremos el flujo en un cilindro de longitud  $L$ , las fuerzas que actúan son la diferencia de presiones, la fricción y el peso del fluido. Entre estas fuerzas debe haber equilibrio.

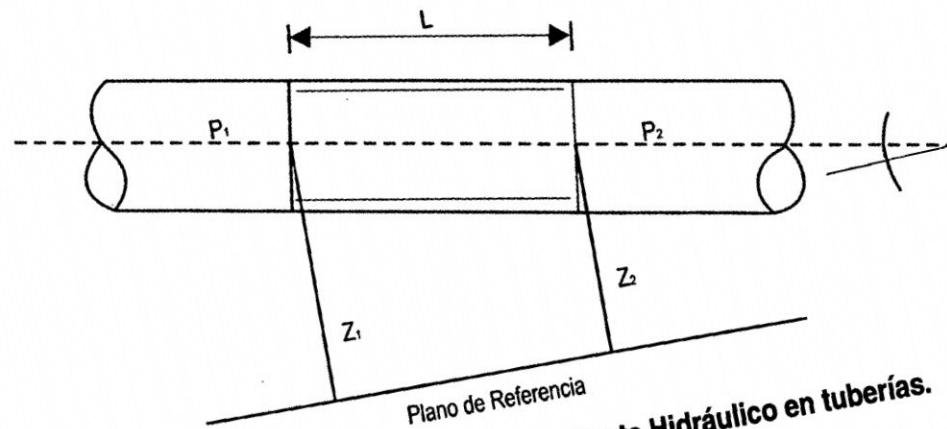


Figura N° 1.20. Línea de Gradiente Hidráulico en tuberías.

$$h_f = f \frac{L V^2}{D 2g} \quad (\text{Ecuación de Darcy - Weisbach}) \quad (\text{Ecuación N}^\circ 1.67)$$

Dónde:

- $h_f$ : pérdida de carga en metros de columna de agua (m.c.a.)
- $D$ : diámetro de la tubería en m.
- $V$ : velocidad media de flujo en la sección en m/s
- $g$ : aceleración de la gravedad en m<sup>2</sup>/s
- $L$ : longitud de la tubería en m.

A partir de la Ecuación de Darcy - Weisbach se puede obtener para un flujo laminar,

$$f = \frac{64}{Re} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 1.68)$$

En donde el número de Reynolds está referido al diámetro.

$$Re = \frac{D \cdot v}{\mu} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 1.69)$$

Dónde:

- $D$ : diámetro de la tubería en m.
- $v$ : velocidad del fluido en m/s
- $\mu$ : viscosidad cinemática (1.13E-6 m<sup>2</sup>/s para el agua).

### **SIGNIFICADO DEL COEFICIENTE "f" DE DARCY - WEISBACH**

#### **PARA FLUJO LAMINAR:**

En el que respecta al flujo laminar el coeficiente  $f$ , es simplemente una función del número de Reynolds.

$$f = \frac{64}{Re} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 1.70)$$

### PARA FLUJO TURBULENTO:

En el flujo turbulento el significado de  $f$  es más complejo, pues no solo depende del número de Reynolds, sino también de la rugosidad relativa así:

$$f = \varphi \left( Re, \frac{k}{D} \right) \quad \text{(Ecuación N° 1.71)}$$

Si bien es cierto que en el flujo turbulento,  $f$  es en el caso más general, función tanto del número de Reynolds como de la rugosidad relativa, también lo que puede ser la función solo de uno de ellos.

### LA FÓRMULA DE WHITE - COLEBROOCK.

Desde el punto de vista hidráulico no podemos decir que un determinado contorno, es en sí liso o rugosos. Esto depende también de las características del escurrimiento. Un contorno puede comportarse como liso frente a un flujo, y puede comportarse como rugoso frente a otro flujo. Todo depende de la relación entre el tamaño de la rugosidad y el espesor de la sub capa laminar que podría desarrollarse. Los valores de  $f$ , en la zona de transición entre tuberías lisas y rugosas se obtienen por medio de la fórmula de White – Colebroock. Sabemos que:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log \left( \frac{3.71D}{k} \right) \text{ (Tuberías Rugosas).}$$

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log(Re\sqrt{f}) - 0.8 \text{ (Tuberías lisas).}$$

Finalmente, combinando y simplificando ambas ecuaciones llegamos a la siguiente relación.

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left[ \frac{k}{3.71D} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}} \right] \quad \text{(Ecuación N° 1.72)}$$

Dónde:

- $k/D$ : Rugosidad Relativa ( $\varepsilon$ )
- $Re$ : Numero de Reynolds.

Sin embargo, a pesar de estar basada en la física clásica, dicha ecuación presenta el problema en el factor de fricción  $f$ , es una función no explícita del número de Reynolds y de la rugosidad relativa, siendo una solución mediante métodos iterativos.

### **DIMENSIONAMIENTO DE CONDUCTOS PARA VELOCIDADES Y CAUDALES OBTENIDOS DE LAS ECUACIONES ANTERIORES.**

La combinación de la Ec. (1.67) de Darcy-Weisbach y de la Ec. (1.72) de Colebrook-White nos da:

$$V = \frac{-2\sqrt{2gdh_f}}{\sqrt{l}} * \log \left( \frac{k}{3.7D} + \frac{2.51u\sqrt{l}}{D*\sqrt{2gdh_f}} \right) \quad \text{(Ecuación N° 1.73)}$$

Dónde:

- $h_f$ : Perdida de carga
- $u$ : viscosidad cinemática ( $1.13E-6$  m<sup>2</sup>/s para el agua).
- $L$ : Longitud de la tubería (m)
- $D$ : diámetro de la tubería
- $K$ : Rugosidad Absoluta

**Cuadro N° 1.24: Propiedades físicas del agua**

Temp (°C)	Peso específico (kN/m³)	Densidad (kg/m³)	Módulo de elasticidad (kN/m²)	Viscosidad dinámica (N·s/m²)	Viscosidad cinemática (m²/s)	Tensión superficial (N/m)	Presión de vapor (kN/m²)
0	9,805	999,8	$1,98 \cdot 10^6$	$1,781 \cdot 10^{-3}$	$1,785 \cdot 10^{-6}$	0,0765	0,61
5	9,807	1000,0	$2,05 \cdot 10^6$	$1,518 \cdot 10^{-3}$	$1,519 \cdot 10^{-6}$	0,0749	0,87
10	9,804	999,7	$2,10 \cdot 10^6$	$1,307 \cdot 10^{-3}$	$1,306 \cdot 10^{-6}$	0,0742	1,23
15	9,798	999,1	$2,15 \cdot 10^6$	$1,139 \cdot 10^{-3}$	$1,139 \cdot 10^{-6}$	0,0735	1,70
20	9,789	998,2	$2,17 \cdot 10^6$	$1,102 \cdot 10^{-3}$	$1,003 \cdot 10^{-6}$	0,0728	2,34
25	9,777	997,0	$2,22 \cdot 10^6$	$0,890 \cdot 10^{-3}$	$0,893 \cdot 10^{-6}$	0,0720	3,17
30	9,764	995,7	$2,25 \cdot 10^6$	$0,708 \cdot 10^{-3}$	$0,800 \cdot 10^{-6}$	0,0712	4,24
40	9,730	992,2	$2,28 \cdot 10^6$	$0,653 \cdot 10^{-3}$	$0,658 \cdot 10^{-6}$	0,0696	7,38
50	9,689	988,0	$2,29 \cdot 10^6$	$0,547 \cdot 10^{-3}$	$0,553 \cdot 10^{-6}$	0,0679	12,33
60	9,642	983,2	$2,28 \cdot 10^6$	$0,466 \cdot 10^{-3}$	$0,474 \cdot 10^{-6}$	0,0662	19,92
70	9,589	977,8	$2,25 \cdot 10^6$	$0,404 \cdot 10^{-3}$	$0,413 \cdot 10^{-6}$	0,0644	31,16
80	9,530	971,8	$2,20 \cdot 10^6$	$0,354 \cdot 10^{-3}$	$0,364 \cdot 10^{-6}$	0,0626	47,34
90	9,466	965,3	$2,14 \cdot 10^6$	$0,315 \cdot 10^{-3}$	$0,326 \cdot 10^{-6}$	0,0608	70,10
100	9,399	958,4	$2,07 \cdot 10^6$	$0,282 \cdot 10^{-3}$	$0,294 \cdot 10^{-6}$	0,0589	101,33

Fuente: Arturo Rocha Felices. Hidráulica de tuberías y canales.

En el interior de los tubos comerciales existen protuberancias o irregularidades de diferentes formas y tamaños cuyo valor medio se conoce como rugosidad Absoluta de la tubería, siendo el parámetro crítico. Si es posible, debe obtenerse información del fabricante. Unos valores orientativos se dan en el cuadro N° 1.25.

$$\varepsilon = \frac{k}{D} \quad \text{(Ecuación N° 1.74)}$$

**Cuadro Nº 1.25: Rugosidad Absoluta de Materiales.**

<b>Material</b>	<b>k (mm)</b>	<b>Material</b>	<b>k (mm)</b>
Plástico (PE, PVC)	0,0015	Fundición asfaltada	0,06-0,18
Poliéster reforzado con fibra de vidrio	0,0003	Fundición	0.15
Asbesto cemento	0.03	Acero comercial y soldado	0.046
Tubos de cobre	0,0015	Hierro forjado	0.06
Fundición revestida de cemento	0,0024	Hierro galvanizado	0.15
Fundición con revestimiento bituminoso	0,0024	Madera	0,18-0,90
Fundición centrifugada	0,003	Hormigón	0,3-3,0

Fuente: Arturo Rocha Felices. Hidráulica de tuberías y canales.

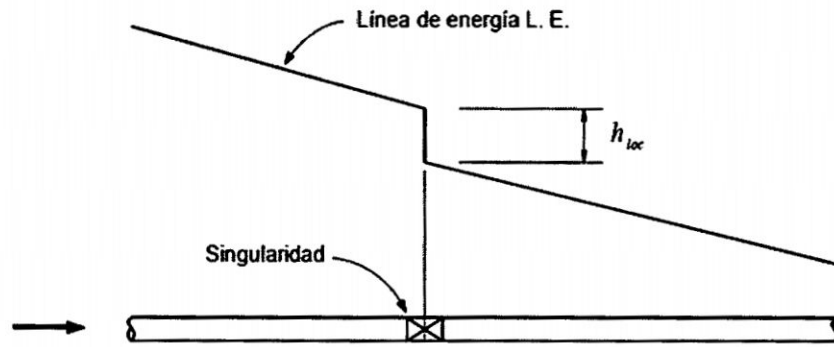
### 1.9.3. CONCEPTO DE PÉRDIDA DE CARGA.

Rocha, (2007). Las pérdidas de carga por rozamiento en tuberías a presión pueden calcularse mediante dos grupos de fórmulas.

- Formulas algorítmicas
- Formulas Empíricas

#### a. PÉRDIDAS DE CARGA LOCALES.

Además de las pérdidas de carga por rozamiento o fricción, se producen otro tipo de pérdidas que se originan en puntos singulares de las tuberías (cambios de dirección, codos, juntas) y que se deben a fenómenos de turbulencia. La suma de estas pérdidas de carga accidentales o localizadas más las pérdidas por rozamiento dan las pérdidas de carga totales.



**Figura N° 1.21. Pérdida de carga local**

Las pérdidas de carga locales se expresan genéricamente en función de la altura de velocidad en la tubería.

$$h_m = k_m * \left( \frac{v^2}{2g} \right) \quad \text{(Ecuación N° 1.75)}$$

Dónde:

- $h_m$ : pérdida de carga o de energía (m)
- $K_m$ : coeficiente empírico (adimensional)
- $v$ : velocidad media del flujo (m/s), (m/s<sup>2</sup>)

Expresión en la que  $h_m$  es la pérdida de carga local expresada en unidades de longitud,  $k_m$  es un coeficiente adimensional que depende de las características de la singularidad que genera la pérdida de carga (codo, válvula, etc) así como del número de Reynolds y de la rugosidad,  $V$  es la velocidad media en la tubería.

A las pérdidas de carga locales también se les denomina pérdidas menores. Esto en razón que en tuberías muy largas la mayor parte de la pérdida de carga es continuo. Sin embargo en tuberías muy cortas las pérdidas de carga locales pueden ser proporcionalmente muy importantes. El coeficiente "K" depende del tipo de singularidad y de la velocidad media en el interior de la tubería.

**Cuadro Nº 1.26: Perdida de carga en Accesorios**

ACCESORIOS	PERDIDA DE CARGA
<b>ENTRADA</b>	$k_m * \left(\frac{V^2}{2g}\right)$ V: velocidad media de la tubería). Bordes Agudos $K_m = 0,5$ Bordes ligeramente redondeados $K_m = 0,26$ Bordes Acampanados $K_m = 0,04$ Bordes Entrantes $K_m = 1$ Salida $K_m = 1$
<b>ENSANCHAMIENTO</b>	$K \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g} = K \left(\frac{A_2}{A_1} - 1\right)^2 \frac{V_2^2}{2g}$ (V1: velocidad aguas arriba; V2: velocidad aguas abajo). Brusco $K_m = 1$ Gradual Gráfico de Gibson
<b>CONTRACCION</b>	$\left(\frac{1}{c_c} - 1\right)^2 \frac{V_2^2}{2g} = K \frac{V_2^2}{2g}$ (V2: velocidad aguas abajo). Brusco Tabla de Weisbach Gradual $K_m = 0$
<b>CAMBIO DE DIRECCION</b>	$k_m * \left(\frac{V^2}{2g}\right)$ (V: velocidad Media) Codo de 90° $K_m = 0,90$ Codo de 45° $K_m = 0,42$ Codo de curv. Fuerte $K_m = 0,75$ Codo de curv. Suave $K_m = 0,60$ Union, Tee y Yee en sentido recto. $K_m = 0,30$
<b>VALVULAS</b>	(V: velocidad Media) Válvulas de globo (totalmente abierta) $K_m = 10,0$ Válvula de compuerta (totalmente abierta) $K_m = 0,2$ Válvula check (totalmente abierta) $K_m = 2,5$

Fuente: Arturo Rocha Felices. Hidráulica de tuberías y canales.

**Cuadro N° 1.27: Características de las tuberías NTP ISO 4422**

Dn (mm)	De (mm)	Di (mm)	e (mm)	Long. Tub (m)	Long. Útil (m)	Peso min (Kg)
63	63.0	57.0	3.0	6.0	5.88	4.750
75	75.0	67.8	3.6	6.0	5.87	6.783
90	90.0	81.4	4.3	6.0	5.86	9.725
110	110.0	99.4	5.3	6.0	5.85	14.644
140	140.0	126.6	6.7	6.0	5.83	23.569
160	160.0	144.6	7.7	6.0	5.82	30.947
200	200.0	180.8	9.7	6.0	5.80	48.236
250	250.0	226.2	11.9	6.0	5.76	74.772
315	315.0	285.0	15.0	6.0	5.74	118.752
355	355.0	321.2	16.9	6.0	5.72	150.786
400	400.0	361.8	19.1	6.0	5.70	191.986

Fuente: Arturo Rocha Felices. Hidráulica de tuberías y canales.

**Cuadro N° 1.28: Tuberías de Presión PVC - U NTP ISO 1452**

DIÁMT. PULG.	DIÁMT. EXT. (mm)	SERIE - 20 CLASE 5		SERIE - 13.3 CLASE 7.5		SERIE - 10 CLASE 10		SERIE - 6.6 CLASE 15		LARGO DEL TUBO	LARGO ÚTIL
		ESP. (mm)	DIÁMT. INT. (mm)	ESP. (mm)	DIÁMT. INT. (mm)	ESP. (mm)	DIÁMT. INT. (mm)	ESP. (mm)	DIÁMT. INT. (mm)		
2"	63.0	1.6	59.8	2.3	58.4	3.0	57.0	4.4	54.2	6 m.	5.900
2 1/2"	75.0	1.9	71.2	2.8	69.4	3.6	67.8	5.3	64.4	6 m.	5.890
3"	90.0	2.2	85.6	3.3	83.4	4.3	81.4	6.3	77.4	6 m.	5.870
4"	110.0	2.7	104.6	4.0	102.0	5.3	99.4	7.7	94.6	6 m.	5.865
5 1/2"	140.0	3.5	133.0	5.1	129.8	6.7	126.6	9.8	120.4	6 m.	5.860
6"	160.0	4.0	152.0	5.8	148.4	7.7	144.6	11.2	137.6	6 m.	5.850
8"	200.0	4.9	190.2	7.3	185.4	9.6	180.8	14.0	172.0	6 m.	5.845
10"	250.0	6.2	237.6	9.1	231.8	11.9	226.2	17.5	215.0	6 m.	5.840
12"	315.0	7.7	299.6	11.4	292.2	15.0	285.0	22.0	271.0	6 m.	5.810
*14"	355.0	8.7	337.6	12.9	329.2	16.9	321.2	24.8	305.4	6 m.	5.790
*16"	400.0	9.8	380.4	14.5	371.0	19.1	361.8	28.0	344.0	6 m.	5.770

Fuente: Arturo Rocha Felices. Hidráulica de tuberías y canales.

#### 1.9.4. RED DE DISTRIBUCION.

Pittman, (1997). El diseño de una red de distribución, consiste en determinar los diámetros de cada uno de las tuberías que conforman dicha red, dados los caudales, presiones máximas.

Los sistemas de distribución suelen tenderse en forma de red, con conexiones transversales a diversos intervalos. Este sistema de redes de tuberías que forman el sistema de distribución de agua consiste en:

- **Conducciones Primarias**

Llamadas con alguna frecuencia arterias principales; forman el esqueleto del sistema de distribución. Se sitúan de tal modo que transportan grandes cantidades de agua desde la estación elevadora a los depósitos y de estos a las diferentes partes del área abastecida.

- **Las conducciones secundarias**

Transportan grandes cantidades de agua desde las arterias principales a las diferentes áreas para cubrir el suministro normal.

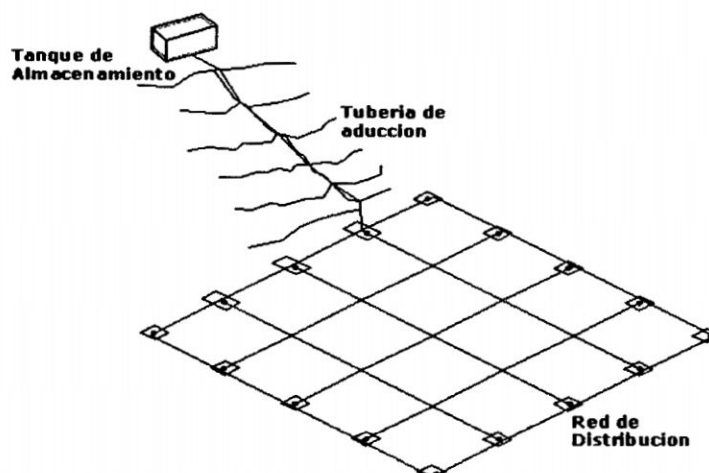


Figura N° 1.20: Distribución por gravedad.

### 1.9.4.1. ANALISIS HIDRAULICO DE RED DE DISTRIBUCION.

RNE, (2012). Las principales consideraciones de diseño están de acuerdo a la normas del Reglamento Nacional de Edificaciones.

#### a. PRESIÓN.

Las presiones aceptables en un sistema de distribución son entre 15 – 30 m.c.a, esto es válido siempre y cuando no haya construcciones de más de 4 pisos. Sin embargo presiones en el mismo punto de uso es de 3.5 m.c.a., se consideraran satisfactorias para la mayoría de los usuarios domésticos.

La norma peruana OS – 50, indica que la presión estática no será mayor de 50 m.c.a, en cualquier punto de la red. En condiciones de demanda máxima horaria, la presión dinámica no será menor de 10 m.c.a, pudiéndole utilizar un valor conservador de 15 m.c.a.

#### b. VELOCIDAD

Según la Norma Peruana OS – 050, la velocidad máxima del flujo en las tuberías deberá ser de 3 m/s. En casos justificados se aceptara una velocidad máxima de 5 m/s. a falta de una dedicación clara a cerca de la velocidad mínima en la Norma OS – 050, emplearemos la norma técnica OS – 010, que indica que no se deberá tener velocidades menores a 0.6 m/s.

**Cuadro N° 1.29: Velocidades recomendadas para fluidos en tuberías.**

Fluido	Tipo de Flujo	Velocidad	
		ft/s	m/s
Líquidos poco viscosos	Flujo por gravedad	0.5 – 1	0.15 – 0.30
	Entrada de bomba	1 – 3	0.3 – 0.9
	Salida de bomba	4 – 10	1.2 – 3
	Línea de Conducción	4 – 8	1.2 – 2.4

Líquidos viscosos	Entrada de bomba	0.2 – 0.5	0.06 – 0.15
	Salida de bomba	0.5 - 2	0.15 – 0.6
Vapor de agua		30 – 50	9 – 15
Aire o gas		30 – 100	9 – 30

Fuente: McGraw-Hill, 1991

### c. DIÁMETROS DE LAS TUBERÍAS.

La selección del diámetro de la red de distribución considera los siguientes factores: las velocidades máxima y mínima permisibles, los diámetros nominales disponibles comercialmente, el tipo de material y su resistencia, el tipo de sistema de riego a emplear, el costo inicial de la tubería y el costo de la energía consumida en su operación.

**Cuadro N° 1.30: Cuadro de Cálculo de diámetro de tuberías.**

Diámetro (mm)	Velocidad máxima (m/s)
15 (1/2")	1.90
20 (3/4")	2.20
25 (1")	2.48
32" (1 ¼")	2.85
40 y mayores (1 ½" y mayores)	3.00

Fuente: RNE. Norma IS – 010

#### 1.9.4.2. DOTACIONES DE AGUA PARA DIFERENTES SOLICITACIONES.

Los aspectos relacionados con las dotaciones y los consumos de agua, son, tal vez, la parte más importante del diseño de todo sistema de distribución, el objetivo es dimensionar de manera adecuada los diferentes elementos del sistema, esto dependerá directamente de las dotaciones que se le dará a la población para un determinado uso y de la estimación de la variación horaria del consumo.

El consumo de agua está relacionado directamente con los siguientes aspectos:

- a. Calidad de agua. Mientras mayor sea la calidad del agua, existirá un mayor consumo.
- b. Características socio económica. Las poblaciones más desarrolladas y educadas tendrán un consumo mayor respecto a otras con menor grado de desarrollo socio económico.
- c. Existencia de servicios de alcantarillado. Existirá mayor consumo en poblaciones donde existan servicios de alcantarillado.
- d. Presión en la red. Mientras mayor sea la presión, existirá mayor cantidad de desperdicios de agua.
- e. Administración. Una administración eficiente, reduce significativamente los niveles de conexiones clandestinas y desperdicios.

A continuación se presentan valores de dotaciones en zonas urbanas según al consumo que pueden oscilar entre 45 y los 200 lt/hab./día, son la integración de los consumos unitarios que se muestran a continuación.

**Cuadro N° 1.31: Dotaciones domesticas de agua**

<b>Unidad</b>	<b>Consumo normal de agua</b>
Tanque WC	15 -23 lt/uso
Lavado	6 lt/uso
Baño	115 lt/uso
Ducha	95 – 115 lt/uso
Hidrante de Jardin	750 – 1200 lt/hora
Boca de Incendio	9000 lt/hora

Fuente: Epsasa Ayacucho

Con fines de comparación entre autores, se presenta a continuación el cuadro N° 1.32, en donde se muestra un cuadro comparativo de dotación de agua entre el autor Hernández Muñoz y la Norma Peruana IS-10.

**Cuadro N° 1.32: Cuadro Comparativo de Dotaciones de agua**

USO	Hernández Muñoz	Norma Peruana IS-10.
Doméstico (Por N° Habitantes)		
1000	150 lt/hab/día	150 lt/hab/día en general
1000 – 6000	175 lt/hab/día	
6000 – 12000	200 lt/hab/día	
12000 – 50000	250 lt/hab/día	
50000 – 250000	300 lt/hab/día	
>250000	400 lt/hab/día	
Riego de parques	1.1 lts.Ha (9.50 lt/dia.m <sup>2</sup> )	2.0 lt/dia/m <sup>2</sup>
Laboratorios de ingeniería y científicos	6.0 lt/dia.m <sup>2</sup> )	
Hospitales	755 lt/cama/día	800 lt/cama/día
Instituciones Educativas:		
Primaria	38 – 57 lt/alumno/día	20 lt/alumno/día
Secundaria	38 – 57 lt/alumno/día	25 lt/alumno/día
Superior		50 lt/alumno/día
Internados	285 lt/alumno/día	
Restaurantes	26 – 38 lt/asiento/día	50 lt/asiento/día
Estadios		15 lt/asiento/día
Teatros	11 lt/butaca/día	
Hidrante contra incendios	9000 lt/h	
Bares (en m <sup>2</sup> ):		
Hasta 30 m <sup>2</sup>	75 lt/asiento/día en general.	1500 lt/día
31 – 60		60 lt/m <sup>2</sup> /día.
61 – 100		50 lt/m <sup>2</sup> /día.
> 100		40 lt/m <sup>2</sup> /día.
Mataderos:		
Bovinos		500 lt/día/animal.

Porcinos		300 lt/día/animal.
Ovinos y caprinos		250 lt/día/animal.
Aves en general		16 lt/día/Kilo.
Prisiones	660 lt/interno/día	150 lt/interno/día

Fuente: Hernández Muñoz - Norma Peruana IS-10

#### 1.9.4.3. VARIACIONES PERIODICAS.

RNE, (2012). Para suministrar eficientemente agua a la comunidad, es necesario que cada una de las partes que constituyen el sistema satisfaga las necesidades reales de la población; diseñando cada una de las estructuras de tal forma que las cifras del consumo y variaciones de las mismas, no desarticulen todo el sistema, sino que permitan un servicio de agua eficiente y continuo.

La variación del consumo está influenciado por diversos factores tales como: tipo de actividad, hábitos de la población, condiciones de clima, etc.

##### a. CONSUMO PROMEDIO DIARIO ANUAL (Qm)

Es el consumo diario de una población, obtenido en un año de registros. Se determina con base en la población del proyecto y dotación, de acuerdo a la siguiente expresión:

**Sistema de Agua Potable:**

$$Q_m = \frac{P_f * D_{ot}}{86400} \quad \text{(Ecuación N° 1.76)}$$

Dónde:

- Qm: Consumo promedio diario (l/s)
- Pf: Población futura
- Dot: Dotación (l/hab./dia)

### Sistema de Alcantarillado.

$$Q_m = \frac{P_f * D_{ot}}{86400} * C_r$$

(Ecuación N° 1.77)

Dónde:

- Qm: Caudal medio diario de aguas residuales
- Pf: Población futura
- Dot: Dotación
- Cr: coeficiente de retorno (0.8)

Para los efectos de las variaciones de consumo se considera según las normas de RNE OS.070 se consideró los siguientes coeficientes de variación de consumo para el cálculo de caudales característicos.

- Coeficiente para consumo máximo diaria: K1= 1.30
- Coeficiente para consumo máximo horaria: K2 = 1.80 – 2.50
- Coeficiente de variación mínima horaria: K3 = 0.50

#### b. CAUDAL MÁXIMO DIARIO (Qmd)

El día de máximo consumo de una serie de registros observados durante los 365 días del año es definido como el de consumo máximo diario.

Se determina multiplicando el caudal medio diario y el coeficiente k1 que varía según las características de la población. Su determinación se hace mediante registros de consumo o mediante la expresión:

$$Q_{\text{max diario}} = K_1 * Q_m \quad (\text{Ecuación N° 1.78})$$

### c. CAUDAL MÁXIMO HORARIO (Qmh)

Es la demanda máxima que se presenta en una hora durante un año completo. Se determina multiplicando el caudal máximo diario y el coeficiente  $k_2$  que varía, según el número de habitantes.

Su determinación se hace mediante registros hora a hora durante un periodo de un año o mediante la expresión:

$$Q_{\text{max hor}} = K_2 * Q_m$$

(Ecuación N° 1.79)

### 1.10. NECESIDADES HIDRICAS DE LAS AREAS VERDES

Ávila, (2008). Las necesidades hídricas de los cultivos expresan cantidad de agua, que es necesario aplicar para compensar el déficit de humedad del suelo durante su periodo vegetativo.

Por tanto, se considera que las necesidades de agua de las plantas de un cultivo están representadas por la suma de la evaporación directa desde el suelo y de la transpiración de las plantas, en lo que se denomina **evapotranspiración (ET)**.



**Figura N° 1.21: Necesidades de agua de las Plantas.**

Fuente: Manual de riego para agricultores, Ricardo Ávila Alabarces. 2008

### 1.10.1. EVAPOTRANSPIRACIÓN DE REFERENCIA O POTENCIAL ( $ETP = ET_0$ )

La evapotranspiración potencial o de referencia es la cantidad de agua evaporada y transpirada por un cultivo de tamaño corto (Generalmente pastos), que cubre toda la superficie en estado activo de crecimiento y con un suministro adecuado y continuo de agua.

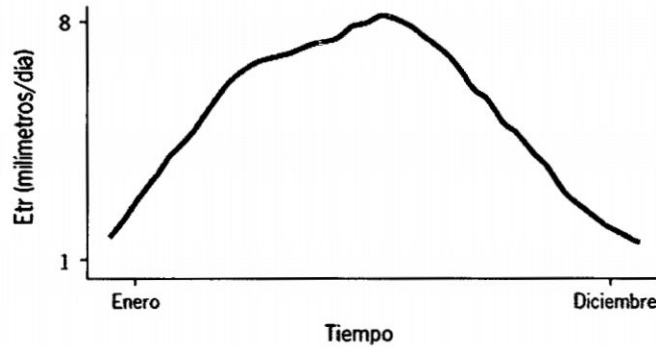


Figura 1.22: Curva típica de evapotranspiración de referencia ( $ET_0$ )

### 1.10.2. EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL O ACTUAL O DE CULTIVO ( $ETA = ETC$ )

Es la tasa de evaporación y transpiración de un cultivo que crece en un campo en condiciones óptimas de suelo, fertilidad y suministro de agua.


Para poder determinar la **ETC**, necesitamos conocer los coeficientes de cultivos o factor de cultivo ( $K_c$ ).

El valor de **ETA** depende del clima y del tipo de planta, valores relacionados entre sí, que para simplificar se considerarán por separado. Así la evapotranspiración es el producto de un valor que representa al clima, evapotranspiración de referencia ( $ET_0$ ), por un valor que representa a la planta, el coeficiente de cultivo ( $K_c$ ). En general, la evapotranspiración se expresa en milímetros de altura de agua evapotranspirada cada día (mm/día).


$$\text{Evapotranspiración (ETA) (ETC)} = (ET_0) \times \text{Coeficiente de cultivo (Kc)}$$

(Ecuación N° 1.80)

$$ET = \text{Evapotranspiración de referencia} \times \text{Coeficiente de cultivo}$$



CLIMA



CULTIVO

**Figura 1.23: Expresión para el cálculo de la evapotranspiración (ETA)**

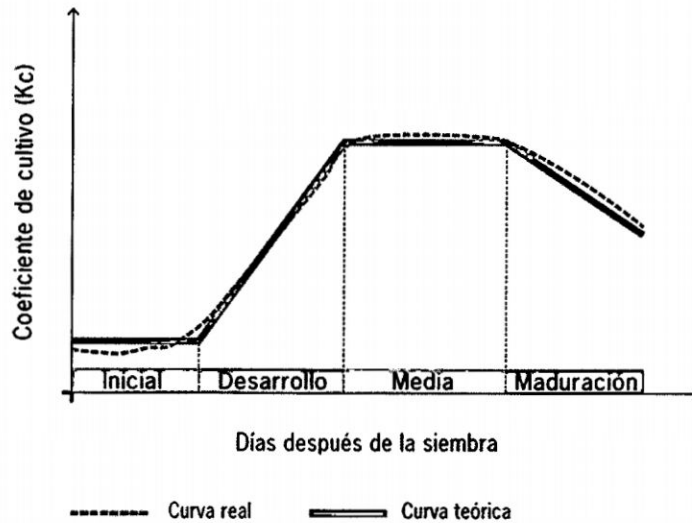
### 1.10.3. COEFICIENTE DE CULTIVO

El coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) describe las variaciones en la cantidad de agua consumida por las plantas a medida que se desarrollan.

En cultivos agrícolas este coeficiente varía desde la siembra hasta la recolección. En este periodo se diferencian cuatro fases de cultivo para las que, en general, se dispone de valores tabulados de  $K_c$ , aunque lo ideal sería disponer de valores del coeficiente de cultivo para cada cultivo, obtenidos en la zona.

En los cultivos anuales normalmente se diferencian cuatro etapas o fases del cultivo:

- ✓ **Inicial:** desde la siembra hasta un 10% de cobertura del suelo aproximadamente.
- ✓ **Desarrollo:** desde el 10% de cobertura y durante el crecimiento activo de la planta.
- ✓ **Media:** entre floración y fructificación, correspondiente en la mayoría de los casos al 70–80% de cobertura máxima de cada cultivo.
- ✓ **Maduración:** desde madurez hasta recolección.



**Figura 1.24: Curvas real y teórica típicas de coeficiente de cultivo para especies anuales, según las diferentes fases de desarrollo**

#### 1.10.4. METODOS PARA ESTIMAR LA ETP = $ET_0$

Avidan, (1994). Existen varios métodos:

##### a. MÉTODOS DIRECTOS.

Se basan en el balance hídrico, el cual se determina principalmente mediante métodos, entre ellos tenemos:

- ✓ Método de muestreo de humedad del suelo
- ✓ Método lisímetro
- ✓ Método de tanque evaporímetro

##### b. MÉTODOS INDIRECTOS.

Están a base de fórmulas empíricas que consisten en ecuaciones deducidas por diversos investigadores y están basadas en la aplicación de variables meteorológicas, como factores que afectan la tasa de evapotranspiración potencial o referencial que han sido desarrollados con características propias.

### c. LOS MÉTODOS EMPÍRICOS.

Más conocidos y con mayor frecuencia tenemos:

- ✓ Método de PENMAN
- ✓ Método de BLANEY – CRIDDLE
- ✓ Método de HARGRAVAES
- ✓ Método de CRISTIENSEN
- ✓ Método de JENSEN – HAISE
- ✓ Método de PENMAN - MONTEITH

Para el presente proyecto consideraremos el **método de Hargraeves**, siendo el método más usual y preciso.

#### FÓRMULA DE HARGREAVES

El cálculo de La Evapotranspiración Potencial mediante las fórmulas Hargreaves, se hacen en base a la radiación solar equivalente y en base a la temperatura:

##### a. En base a la Radiación Solar equivalente.

$$ETP = 0.0075 \times RSM \times TMF \quad (\text{Ecuación N}^\circ 1.81)$$

$$RSM = 0.075 \times RMM \times S^{0.5} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 1.82)$$

$$RMM = Ra \times DM \quad (\text{Ecuación N}^\circ 1.83)$$

Donde:

- ETP : Evapotranspiración Potencial en (mm/mes)
- RSM : Radiación solar equivalente en mm de evaporación mensual (mm/mes)
- RMM : Radiación extraterrestre equivalente en mm de evaporación mensual (mm/mes).

- Ra : Radiación extraterrestre equivalente en mm/día de evaporación en mm/día.

Se obtiene de acuerdo a la latitud del lugar (Manual 24 FAO)

- DM : Número de días del mes

- S : Porcentaje de horas de sol:  $S = n/N \times 100$

- n : Horas de sol promedio del lugar

- N : Horas de sol posible según la Latitud (Manual 24 FAO)

- TMF : Temperatura media mensual en °F

**b. En base a la Temperatura equivalente.**

$$ET_0 = TMF * CH * CE * MF \quad \text{(Ecuación N° 1.84)}$$

$$CH = 0.166 * (100 - HR)^{0.5} \quad \text{(Ecuación N° 1.85)}$$

$$TMF = \frac{9}{5} * T(^{\circ}C) + 32 \quad \text{(Ecuación N° 1.86)}$$

$$CE = 1 + 0.04 * \frac{E}{2000} \quad \text{(Ecuación N° 1.87)}$$

$$MF = \text{Se obtiene interpolando la tabla N° 1} \quad \text{(Ecuación N° 1.88)}$$

Dónde:

ETP : Evapotranspiración Potencial (mm/mes)

: Factor mensual de Latitud (Manual 24 FAO)

TNT : Temperatura media mensual en °F

CH : Factor de Corrección para la humedad relativa:

$$CH = 0.166(100 - HR)^{0.5} \quad \text{si } HR > 64\%$$

$$CH = 1 \quad \text{si } HR < 64\%$$

HR : Humedad Relativa media mensual (%)

CE : Factor de corrección para la altitud del lugar (msnm).

**Cuadro N° 1.33: Duración de la insolación diaria para el día 15 de cada mes**

Lat	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
0°	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1
5°S	12.3	12.3	12.1	12.0	11.9	11.8	11.8	11.9	12.0	12.2	12.3	12.4
10°S	12.6	12.4	12.1	11.9	11.7	11.5	11.6	11.8	12.0	12.3	12.6	12.7
12°S	12.7	12.5	12.2	11.8	11.8	11.4	11.5	11.7	12.0	12.4	12.7	12.8
14°S	12.8	12.8	12.2	11.8	11.5	11.8	11.4	11.6	12.0	12.4	12.8	12.9
16°S	13.0	12.7	12.2	11.7	11.4	11.2	11.2	11.6	12.0	12.4	12.9	13.1
18°S	13.1	12.7	12.2	11.7	11.8	11.1	11.1	11.5	12.0	12.5	13.0	13.2
20°S	13.2	12.8	12.2	11.6	11.2	10.9	11.0	11.4	12.0	12.5	13.2	13.3
22°S	13.4	12.8	12.2	11.8	11.1	10.8	10.9	11.8	12.0	12.6	13.2	13.5
24°S	13.5	12.9	12.8	11.5	10.9	10.7	10.8	11.2	11.9	12.6	13.3	13.6
26°S	13.6	12.9	12.8	11.5	10.8	10.5	10.7	11.2	11.9	12.7	13.4	13.8
28°S	13.7	13.0	12.3	11.4	10.7	10.4	10.6	11.1	11.9	12.8	13.5	13.8
30°S	13.9	13.1	12.3	11.4	10.3	10.2	10.4	11.0	11.9	12.6	13.6	14.1

Fuente: Albert Avidan (FAO).

**Cuadro N° 1.34: Radiación Extraterrestre (Ra) Expresada en Equivalente de Evaporación (mm/día)**

Lat.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
0°	15.0	15.2	15.7	15.3	14.4	13.9	14.1	14.8	15.3	15.4	15.1	14.8
2°S	15.3	15.7	15.7	15.1	14.1	13.5	13.7	14.5	15.2	15.5	15.3	15.1
4°S	15.5	15.8	15.6	14.9	13.8	13.2	13.4	14.3	15.1	15.6	15.5	15.4
6°S	15.8	16.0	15.6	14.7	13.4	12.8	13.1	14.0	15.0	15.7	15.8	15.7
8°S	16.1	16.1	15.5	14.4	13.1	12.4	12.7	13.7	14.9	15.8	16.0	16.0
10°S	16.4	16.3	15.5	14.2	12.8	12.0	12.4	13.5	14.8	15.9	16.2	16.2
12°S	16.6	16.3	15.4	14.0	12.5	11.6	12.0	13.2	14.7	15.8	16.4	16.5
14°S	16.7	16.4	15.3	13.7	12.1	11.2	11.6	12.9	14.5	15.8	16.5	16.6
16°S	16.9	16.4	15.2	13.5	11.7	10.8	11.2	12.6	14.3	15.8	16.7	16.8
18°S	17.1	16.5	15.1	13.2	11.4	10.4	10.8	12.3	14.1	15.8	16.8	17.1
20°S	17.3	16.5	15.0	13.0	11.0	10.0	10.4	12.0	13.9	15.8	17.0	17.4
22°S	17.4	16.5	14.8	12.6	10.6	9.6	10.0	11.6	13.7	15.7	17.0	17.5
24°S	17.5	16.5	14.6	12.3	10.2	9.1	9.5	11.2	13.4	15.6	17.1	17.7
26°S	17.6	16.4	14.4	12.0	9.7	8.7	9.1	10.9	13.2	15.5	17.2	17.8
28°S	17.7	16.4	14.3	11.6	9.3	8.2	8.6	10.4	13.0	15.4	17.2	17.9
30°S	17.8	16.4	14.0	11.3	8.9	7.8	8.1	10.1	12.7	15.3	17.3	18.1
32°S	17.8	16.2	13.8	10.9	8.5	7.3	7.7	9.6	12.4	15.1	17.2	18.1
34°S	17.8	16.1	13.5	10.5	8.0	6.8	7.2	9.2	12.0	14.9	17.1	18.2
36°S	17.9	16.0	13.2	10.1	7.5	6.3	6.8	8.8	11.7	14.6	17.0	18.2
38°S	17.9	15.8	12.8	9.6	7.1	5.8	6.3	8.3	11.4	14.4	17.0	18.3
40°S	17.9	15.7	12.5	9.2	6.6	5.3	5.9	7.9	11.0	14.2	16.9	18.3

Fuente: Albert Avidan (FAO).

**Cuadro N° 1.35: Factor de Evapotranspiración Potencial (MF) en mm/mes**

Lat.	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
1°S	2.788	2.117	2.197	2.172	2.137	1.990	2.091	2.216	2.256	2.358	2.254	2.265
2°S	2.371	2.136	2.182	2.108	2.108	1.956	2.050	2.194	2.251	2.372	2.263	2.301
3°S	2.353	2.154	2.167	2.079	2.079	1.922	2.026	2.172	2.246	2.386	2.290	2.337
4°S	2.385	2.172	2.151	2.050	2.050	1.888	1.995	2.150	2.240	2.398	2.318	2.372
5°S	2.416	2.189	2.134	2.020	2.020	1.854	1.960	2.126	2.234	2.411	2.345	2.407
6°S	2.447	2.205	2.117	1.980	1.980	1.820	1.976	2.103	2.226	2.422	2.371	2.442
7°S	2.478	2.221	2.099	1.959	1.959	1.785	1.893	2.078	2.218	2.433	2.397	2.476
8°S	2.508	2.237	2.081	1.927	1.927	1.750	1.858	2.054	2.210	2.443	2.423	2.510
9°S	2.538	2.251	2.062	1.896	1.896	1.715	1.824	2.028	2.201	2.453	2.448	2.544
10°S	2.567	2.266	2.043	1.864	1.864	1.679	1.789	2.003	2.191	2.462	2.473	2.577
11°S	2.596	2.279	2.023	1.832	1.832	1.644	1.754	1.976	2.180	2.470	2.497	2.610
12°S	2.625	2.292	2.002	1.799	1.799	1.608	1.719	1.950	2.169	2.477	2.520	2.643
13°S	2.652	2.305	1.981	1.767	1.767	1.572	1.684	1.922	2.157	2.484	2.543	2.675
14°S	2.680	2.317	1.959	1.733	1.733	1.536	1.648	1.895	2.144	2.490	2.566	2.706
15°S	2.707	2.328	1.937	1.700	1.700	1.500	1.612	1.867	2.131	2.496	2.588	2.738
16°S	2.734	2.339	1.914	1.666	1.666	1.464	1.576	1.838	2.117	2.500	2.610	2.769
17°S	2.760	2.349	1.891	1.632	1.632	1.427	1.540	1.809	2.103	2.504	2.631	2.799
18°S	2.785	2.359	1.867	1.598	1.598	1.391	1.504	1.780	2.088	2.508	2.651	2.830
19°S	2.811	2.368	1.843	1.564	1.564	1.354	1.467	1.750	2.072	2.510	2.671	2.859

Fuente: Albert Avidan (FAO).

#### 1.10.5. PRECIPITACION EFECTIVA:

En el proceso de almacenamiento de agua en el suelo, la precipitación pluvial constituye un buen porcentaje del contenido de humedad en el suelo. Parte de esta precipitación está disponible para la planta, las otras partes se pierden por escorrentía, percolación profunda o evaporación. Para el cálculo de la precipitación efectiva se tiene que tener:

##### a. Información básica

La información básica para la determinación de la precipitación efectiva es la información sobre la precipitación caída en la región. Se recomienda una serie de datos para un período de por lo menos 10 años. Sin embargo en la región interandina a veces es imposible obtener esta serie de datos por lo que resulta necesario recurrir a datos de otras cuencas colindantes con el fin de extrapolar estos valores.

Los datos de precipitación son: datos promedio, y pueden ser datos actuales o históricos, y confiables. Los datos históricos deben estar basados en un análisis estadístico de una serie larga de datos históricos. Estos datos deben estar referidos a una cierta probabilidad de ocurrencia para ser utilizados.

#### **b. Opciones de cálculo para la precipitación efectiva**

La información de precipitación promedio mensual, de un periodo, es ingresados directamente a la plantilla, el método que emplea el programa por defecto es el de la USA, pudiéndose cambiar el método de determinación de la precipitación efectiva si fuese necesario.

El programa da dos metodologías diferentes para determinar la precipitación efectiva.

Las opciones son:

- ✓ Formula empírica. Todos los registros de precipitación deben tener el 75% de probabilidad de ocurrencia, y se determina por el método WEIBULL y percentiles.
- ✓ Precipitación efectiva, por el método WPRS – USA.

#### **Método de WEIBULL.**

$$Prob = \frac{m}{n+1} \times 100 \quad \text{(Ecuación N° 1.89)}$$

Donde:

- m = N° de orden
- n = N° de años de registro.

**Cuadro N° 1.36. Porcentaje de precipitación efectiva.**

<b>Pp</b>	<b>%PE</b>	
5	0	0.00
30	95	0.95
55	90	0.9
80	82	0.82
105	65	0.65
130	45	0.45
155	25	0.25
>155	5	0.05

Fuente: WPRS-USA

#### **1.10.5.1. DEMANDA NETA (Dn)**

Necesidades netas de riego (Dn) corresponderán a la diferencia entre la cantidad de agua que el conjunto suelo-planta pierde, la evapotranspiración (ET), y el agua que se aporta de forma natural, la lluvia (PE).

$$DN = ETA - PE \quad \text{(Ecuación N° 1.90)}$$

Dónde:

- DN: Demanda neta
- ETA : ETP x (Kc)
- PE: Precipitación efectiva

#### **1.10.5.2. DEMANDA BRUTA (Db)**

Las necesidades brutas de riego (Db), es la cantidad real de agua que ha de aplicarse durante el riego para satisfacer las necesidades netas de riego. Se calculan utilizando una fórmula muy simple:

$$Db = \frac{Dn}{Ea} * 100 \quad \text{(Ecuación N° 1.91)}$$

Dónde:

- Ea: Eficiencia de Aplicación de Riego<sup>4</sup>

- Dn: Demanda neta

**Cuadro N° 1.37. Eficiencia de aplicación (Ea) en riego**

Método de riego	Eficiencia de aplicación (%)
Riego por superficie	55 – 90
Riego por aspersión	65 – 90
Riego localizado	75 – 90

Fuente: Manual de riego para agricultores, Rafael Fernández Gómez. 2010.

### 1.10.5.3. DESCRIPCION DE LA PLANTA CULTIVADA

#### **Pasto Kikuyo (*Pennisetum clandestinum*).**

Muslera, (1991). Es una especie perenne de poca calidad, con tallos de hasta 120 cm de altura. Únicamente crece en suelos fértiles de buen drenaje. Resistente a la sequía y apetecible, únicamente se presta para praderas permanentes de altitud elevada y de precipitación bien distribuida.

#### **Reporte sobre el requerimiento hídrico del cultivo.**

Cuba, (2002). Evaluó mediante el método de lisímetro la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>0</sub>) con el cultivo de pasto (*Lolium perenne*) en los campos de Pampa del Arco, cuyos resultados se muestran en el Cuadro N° 1.38

**Cuadro N° 1.38. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET<sub>0</sub>).**

Descripción	Mes					
	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.
Nº de días	28	31	30	31	30	31
ET <sub>0</sub>	143.1	154.9	157.8	172.0	156.4	176.9

Fuente: Cuba, J. Tesis Ingeniero Agrónomo – UNSCH.

<sup>4</sup> La eficiencia de aplicación del riego (Ea), es precisamente el porcentaje de agua que las raíces aprovechan respecto del total aplicada. Su valor es diferente para cada método de riego, superficie, aspersión y localizado y dentro de cada uno de ellos, según cada sistema.

## 1.11. CALIDAD DE AGUAS PARA EL RIEGO

### 1.11.1. DEFINICION DE CALIDAD DE AGUAS PARA EL RIEGO

Fassbender, y Bornemisza, (1990). La calidad del agua de riego está determinada por la composición y concentración de los diferentes elementos que pueda tener ya sea en solución o en suspensión.

La calidad del agua tiene un impacto importante en el crecimiento de la planta y por tanto en el rendimiento del cultivo. La calidad del agua depende de los siguientes factores:

- ✓ Condiciones climáticas locales;
- ✓ Características físicas y químicas del suelo;
- ✓ Tolerancia del cultivo elegido;
- ✓ Prácticas agronómicas (manejo del cultivo); y
- ✓ Método de riego.

**Cuadro N° 1.39: Niveles máximos para metales en cultivos agrícolas**

<b>ELEMENTO</b>	<b>CONCENTRACIÓN MÁXIMA RECOMENDADA (mg/L)</b>	<b>OBSERVACIONES</b>
Al (Aluminio)	5.0	Puede anular la productividad en suelos ácidos (pH < 5,5), pero los suelos más alcalinos con un pH > 7,0 precipitan el ión y eliminan la toxicidad.
As (Arsénico)	0.10	La toxicidad a las plantas puede variar considerablemente, desde 12 mg/l para el césped de Sudán hasta menos de 0,05 mg/l para el arroz.
Be (Berilio)	0.10	La toxicidad a las plantas puede variar considerablemente, desde 5 mg/l para la col rizada hasta 0,5 mg/l para el frijol bush.
Cd (Cadmio)	0.01	Es tóxico para los frijoles, remolacha y nabos en concentraciones tan bajas como 0,1 mg/l en soluciones de nutrientes. Se recomiendan límites conservadores por su acumulación en plantas y suelos en concentraciones dañinas al ser humano.

Co (Cobalto)	0.05	Tóxico para las plantas del tomate en soluciones de nutrientes a 0,1 mg/l. Tiende a inactivarse en suelos alcalinos o neutros.
Cr (Cromo)	0.10	Generalmente no se le reconoce como un elemento esencial para el crecimiento. Se recomiendan límites conservadores debido a la falta de conocimiento sobre su toxicidad a las plantas.
Cu (Cobre)	0.20	Tóxico a diversas plantas de 0,1 a 1,0 mg/l en soluciones de nutrientes.
F (Flúor)	1.0	Se inactiva en suelos neutros o alcalinos.
Fe (Hierro)	5.0	No es tóxico a las plantas en suelos aerados, pero puede contribuir a la acidificación y pérdida de disponibilidad de fósforo y molibdeno esenciales. El riego por aspersión puede formar depósitos desapercibidos en las plantas, equipo y edificaciones aledañas.
Li (Litio)	2.5	Es tolerado por la mayoría de los cultivos hasta 5 mg/l, es móvil en el suelo y tóxico para los cítricos en concentraciones bajas (<0,075 mg/l). Actúa de manera similar al boro.
Mn (Manganeso)	0.20	Es tóxico para diversos cultivos en pocas décimas o en pocos mg/l, pero generalmente solo en suelos ácidos.
Mo (Molibdeno)	0.01	No es tóxico para las plantas en concentraciones normales en el suelo y agua. Puede ser tóxico para el ganado si el forraje crece en suelos con altas concentraciones de molibdeno disponible.
Ni (Níquel)	0.20	Tóxico para diversas plantas desde 0,5 mg/l hasta 1,0 mg/l; la toxicidad se reduce en suelos neutros o alcalinos.
Pb (Plomo)	5.0	En altas concentraciones puede inhibir el crecimiento de las células de las plantas.
V (Vanadio)	0.10	Tóxico para diversas plantas en concentraciones relativamente bajas.
Zn (Zinc)	2.0	Tóxico para muchas plantas en variadas concentraciones; la toxicidad se reduce a pH > 6,0 y en suelos orgánicos de fina textura.

Fuente: Fassbender, y Bornemisza, (1990)

### **1.11.2. USO DE AGUA RESIDUAL TRATADA PARA EL RIEGO DE AREAS VERDES**

Ingaruca, (2010). La utilización de aguas residuales tratadas, es la alternativa para el riego de áreas verdes, jardines, etc.

El agua suministrada por la planta de tratamiento tiene posibilidad asegurada, es decir, garantiza el flujo constante y en cantidades suficientes para poder satisfacer las demandas de las áreas verdes a regar.

Además con la cantidad abastecida, se podrán cubrir no solo las necesidades presentes, sino también las demandas futuras, contando así con más y mejores áreas de esparcimiento.

### **1.11.3. VENTAJAS Y LIMITACIONES DEL USO DE AGUAS RESIDUALES**

Veliz y Guadalupe (2009). El riego con aguas residuales se está incrementando notablemente en los últimos años debido a las siguientes ventajas:

- ✓ Disponibilidad permanente de agua;
- ✓ Aporte de gran cantidad de nutrientes;
- ✓ Incremento del rendimiento de los cultivos;
- ✓ Mejora de la calidad de los suelos (textura); y
- ✓ Ampliación de la frontera agrícola.

Aun cuando estas importantes ventajas justifican ampliamente el uso de las aguas residuales en agricultura, también existen las siguientes restricciones o riesgos potenciales que se deben tomar en cuenta:

- ✓ La contaminación microbiológica de los productos;
- ✓ La bio acumulación de elementos tóxicos;
- ✓ La salinización e impermeabilización del suelo; y
- ✓ El desbalance de nutrientes en el suelo.

Mendoza, (2011). Sin embargo, existen diversas estrategias de manejo agrícola que pueden reducir significativamente estos riesgos potenciales.

**a. Disponibilidad permanente de agua.**

Es frecuente que haya escasez de agua durante la época de estiaje y especialmente durante los años de menor precipitación en las zonas montañosas. Cuando ocurre, el sector agrario se ve obligado a racionar el agua, pero en la práctica la falta de un control apropiado genera conflictos entre los regantes.

Los efluentes de las plantas de tratamiento de aguas residuales se caracterizan por mantener un flujo regular, lo que permite al agricultor contar con un volumen constante de agua. Esta condición favorece el uso eficiente de este recurso y reduce las disputas entre los agricultores que compiten por ella.

**b. Aporte de gran cantidad de nutrientes**

El aporte de gran cantidad de nutrientes es una de las principales razones para preferir el riego con aguas residuales, aun cuando se cuente con otras fuentes. La fertilización con abonos químicos se reduce o elimina mediante el riego con aguas residuales, lo que muchas veces representa una disminución de hasta 50% del costo de producción.

Según Bartone (1990), América Latina descargará 405 m<sup>3</sup>/s de aguas residuales crudas a ríos y mares al finalizar la década de 1990. Se calcula que estas descargas podrían aportar diariamente 483.0 TN de nitrógeno, 168.0 TN de fósforo y 9.4 TN de potasio, si fueran tratadas en lagunas de estabilización y luego utilizadas en la agricultura (Moscoso y Egocheaga, 1992).

**c. Incremento del rendimiento de los cultivos.**

Comparativamente, los cultivos regados con aguas residuales logran mayor rendimiento que los cultivos regados con aguas blancas y fertilizados con abonos químicos. Shende (1985) compara el rendimiento de algunos cultivos agrícolas en t/ha/año.

**Cuadro N° 1.40: Rendimiento de algunos cultivos**

Tipo de agua	Trigo	Arroz	Papa	Algodón
Blanca con abonamiento (NPK)	2.70	2.03	17.16	1.70
Residual sin tratar	3.34	2.97	23.11	2.56
Efluente de lagunas de estabilización	3.34	2.94	20.78	2.56

Fuente: Mendoza, L. (2011). Aguas Residuales de Lambayeque y su Reúso Agrícola.

A continuación también se muestra la diferencia de rendimiento de varios cultivos regados con aguas negras y blancas en Tacna, Perú:

**Cuadro N° 1.41: Rendimiento de algunos cultivos en el Perú.**

Cultivo	Aguas negras (t/ha)	Aguas blancas (t/ha)
Alfalfa	12	10
Maíz	5	2
Trigo	3	2
Cebada	4	2
Avena forraje	22	12
Tomate	35	18
Ají	12	7
Papa	30	12

Fuente: Mendoza, L. (2011). Aguas Residuales de Lambayeque y su Reúso Agrícola.

Esta mayor producción se atribuye a los nutrientes que se encuentran bajo la forma de compuestos solubles en las aguas residuales, los que son asimilados fácilmente por la planta y aportados con la misma frecuencia que el riego. En cambio, los

fertilizantes químicos son compuestos menos solubles que solo se aplican al inicio de la campaña, además una parte es disuelta parcialmente por el agua de riego, otra parte es arrastrada con el agua de percolación y otra se pierde por evaporación.

**d. Mejoramiento de la calidad del suelo.**

El aporte de materia orgánica también permite mejorar la textura del suelo. Esta mejora es especialmente importante en suelos arenosos de alta permeabilidad y poco contenido de materia orgánica. Del mismo modo se puede mejorar la calidad de suelos eriazos que nunca tuvieron actividad agrícola, como ocurre en las zonas con mínima precipitación y alejadas de los ríos.

**e. Selección de cultivos.**

En principio, el criterio de calidad sanitaria de las aguas residuales no debe ser el factor condicionante para elegir determinado tipo de cultivo, ya que a través del tratamiento es posible obtener efluentes que satisfacen la calidad sanitaria más exigente para uso agrícola irrestricto.

Esto es válido a menos que por razones legales exista una restricción para ciertos cultivos de consumo humano.

Sin embargo, cuando el sistema de tratamiento no asegura la calidad óptima, es necesario seleccionar los cultivos según las características del efluente generado para evitar riesgos potenciales a la salud. Bajo este criterio, los cultivos se pueden clasificar en los siguientes grupos:

- ✓ Forestales: maderables y de protección ambiental
- ✓ Ornamentales: zonas sin acceso o acceso limitado al público
- ✓ Forrajes: de pastoreo directo y cosechado
- ✓ Alimenticios: de consumo crudo y cocido.

Los primeros cultivos son los menos exigentes en la calidad del agua, ya que no son comestibles ni involucran un contacto directo con el público. En cambio, se requiere una alta calidad sanitaria para los cultivos alimenticios, especialmente los que se consumen crudos.

La mayoría de las aguas residuales tratadas no son muy salinas, ya que los niveles generalmente se sitúan entre 200 y 500 mg/l. Eventualmente podrían presentarse efluentes con niveles de salinidad que excedan los 2.000 mg/l y que restrinjan la absorción de agua en ciertos cultivos susceptibles a este factor. Los niveles de tolerancia a la salinidad de los principales cultivos agrícolas comerciales han sido estudiados ampliamente; algunos de ellos se indican a continuación:

**Cuadro N° 1.42: Cultivos tolerantes con aguas residuales.**

<b>Tolerantes</b>	<b>Semitolerantes</b>	<b>Sensibles</b>
Cebada	Avena	Frijoles
Algodón	Soya	Lentejas
Betarraga	Trigo	Zanahoria
Alfalfa	Sorgo	Cebolla
Espárrago	Caña de azúcar	Maíz

Fuente: Mendoza, L. (2011). Aguas Residuales de Lambayeque y su Reúso Agrícola.

La mayoría de hortalizas (col, coliflor, tomate, zapallo, espinaca, nabo) y tubérculos (papa y camote) tiene una sensibilidad moderada. Casi todos los frutales son bastante sensibles a la salinidad, salvo el caso del higo, papaya, olivo y piña, que muestran una tolerancia moderada.

También podría presentarse exceso de ciertos elementos tóxicos, como sodio, cloruros, boro, etc., los que limitan el rendimiento de algunos cultivos sensibles.

## **CAPITULO II**

### **MATERIALES Y METODOS**

#### **2.1. DESCRIPCION DE LA CARACTERISTICAS DE LA ZONA TRABAJO DE INVESTIGACION**

##### **2.1.1. UBICACIÓN.**

###### **Ubicación Política:**

La ciudad universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga se encuentra ubicada en el distrito de Ayacucho, Provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho.

###### **Ubicación Geográfica:**

- Latitud : 13° 08' S
- Longitud : 74° 79" W
- Altitud : 2760 msnm

##### **2.1.2. LOCALIZACION Y TOPOGRAFIA DEL AREA DE ESTUDIO**

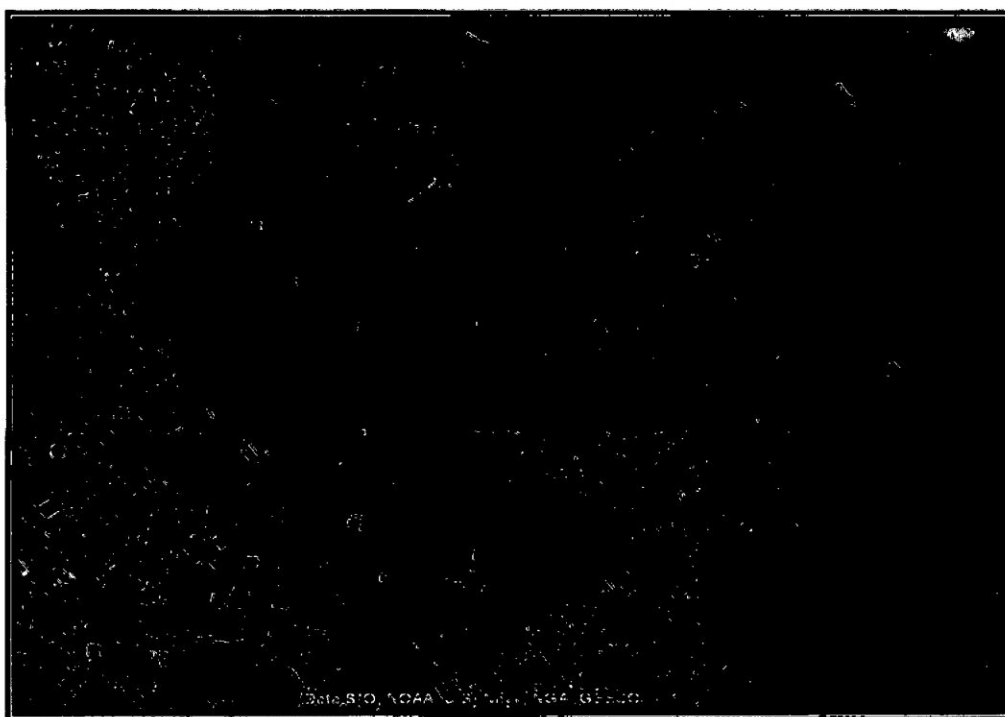
La ciudad Universitaria San Cristóbal de Huamanga, se encuentra ubicada en la zona norte de la Ciudad de Ayacucho y cuenta con un área de 69.88 Has. Por su extensión

se constituye un área importante dentro de la misma ciudad de Ayacucho, y tratándose de un área especializada, ha de tener consideraciones especiales en cuanto se refiere a su proceso de crecimiento y planeamiento.

La ciudad universitaria San Cristóbal de Huamanga, se encuentra en crecimiento constante debido a la construcción de nuevos pabellones de aulas, laboratorios y demás edificaciones que ofrecerán diversos servicios tanto a la comunidad universitaria como a la comunidad ayacuchana en general.

Antes de acometer en el Diseño de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, es necesario contar con un levantamiento topográfico de la zona objeto de estudio.

Para el presente trabajo se realizó el levantamiento topográfico de la ciudad Universitaria San Cristóbal de Huamanga con curvas de nivel a cada metro, de donde se obtendrán directamente los datos de cotas topográficas.



**Figura N° 2.1: Vista Aerea de la Ciudad Universitaria de la UNSCH.**

Fuente: Google Earth – Zonificación de la Ciudad Universitaria UNSCH (Ayacucho)

La figura N° 2.1 muestra una vista aérea de la ciudad universitaria San Cristóbal de Huamanga, en donde se puede apreciar además del crecimiento de la misma conforma al Plan de Expansión de la Ciudad Universitaria, el pésimo tratamiento paisajístico y de áreas verdes.

### **2.1.3. CARACTERISTICAS CLIMATICAS.**

Los registros climáticos se obtuvieron de la estación Meteorológica “Pampa del Arco”, realizada por el Ing. Oscar Roque Sigua en el año 2010, publicada en la Oficina General de Investigación e innovación<sup>1</sup>.

#### **a. Temperatura.**

El clima en la zona del proyecto es seco y frío con dos períodos bien diferenciados; de acuerdo a la estación meteorológica de Pampa del Arco la temperatura promedio mensual máximo es de 29.71 °C, y una temperatura mínima promedio mensual es de 1.8 °C y la temperatura promedio anual es de 16.67 °C.

#### **b. Precipitación.**

Se han utilizado los datos de precipitación medidos en la estación meteorológica de Pampa del Arco. Con una precipitación anual de 335.70 mm de lámina de agua.

#### **c. Evaporación.**

De igual forma se utilizó los datos de evaporación de la estación meteorológica de pampa del arco de 1274.59 mm, la evaporación máxima fue de 5.99 mm.día<sup>-1</sup> y la mínima es de 3.35 mm.día<sup>-1</sup>.

---

<sup>1</sup> Evidencias del cambio climático en la localidad de Ayacucho – 2009 y Caracterización de las precipitaciones y la evapotranspiración potencial (ETP) en la localidad de Ayacucho. Oficina de Investigación. U.N.S.C.H (2010)

**d. Humedad relativa.**

La humedad relativa de la zona varia a lo largo del año (entre 36% y 80%), siendo la humedad relativa promedio anual de 54%.

**e. Viento**

La velocidad del viento media mensual varia de 0.4 a 0.9 m.seg<sup>-1</sup>, con dirección noroeste – sur, presentándose también vientos esporádicos de direcciones muy variables.

**f. Horas sol.**

Las horas del sol es desuniforme durante todo el año con un cielo despejado en algunos meses y en otros meses con rubosidad alta. La insolación máxima por día llega hasta 8.6 horas y la mínima de 4.8 horas, siendo el promedio anual de 6.9 horas.

## **2.2. MATERIALES Y EQUIPOS**

### **2.2.1. MATERIALES DE CAMPO**

- a. 01 unidad de Cámara digital
- b. 01 unidad de Wincha 50 m
- c. 01 unidad de Cronometro de precisión
- d. Equipos de medición (01 unidad de GPS, 01 unidad de Estación Total)
- e. 06 unidades de Mascarillas
- f. 06 Unidades de Guantes de Jefe
- g. 15 unidades de Frasco de 1 Lt (Recojo de Aguas Residuales)

## **2.3. METODOLOGIA DE TRABAJO**

El método a seguir en el presente trabajo de tesis se basará en la investigación descriptiva y experimental.

Las etapas de este método se tomarán de acuerdo a los objetivos planteados.

- ✓ Población universitaria (Estudiantes, docentes y administrativos)
- ✓ Toma de muestras de aguas residuales y su respectivo Análisis en laboratorios certificados.
- ✓ Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales, línea de conducción y distribución, sistema de bombeo.
- ✓ Topografía del lugar para la ubicación de la Planta de tratamiento de Aguas residuales y sus componentes.

### **2.3.1. TRABAJO DE CAMPO.**

La primera información con la que se debe contar para acometer adecuadamente el diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales es la población objeto de estudio en este caso es la población estudiantil que hace uso de las instalaciones sanitarias de la Ciudad Universitaria San Cristóbal de Huamanga y es preciso otorgarle las dotaciones de agua necesarias para cada de las actividades que se desarrollan al interior de la ciudad universitaria, tales como uso en áreas verdes y otros.

Teniendo en cuenta lo anteriormente dicho se ha de utilizar información contenida en el boletín Estadístico 2011 – 2012 – 2013 de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, donde se observa la evolución de la población estudiantil desde el año 2000 hasta el año 2013, en el cuadro N° 2.1. Para el presente caso, se ha realizado

una proyección de la población estudiantil al año 2034, con 20 años de periodo de diseño.

Lo siguiente es el análisis de laboratorio de las muestras de Aguas Residuales generadas de la ciudad Universitaria, de acuerdo a los buzones existentes según se adjunta en el plano N° L – 01, donde se procederá a recolectar las aguas servidas de los servicios básicos de cada facultad y se procederá a realizar el análisis y la evaluación de parámetros de acuerdo a los Estándares Nacionales de Calidad para Agua, se detalla en el Cuadro N° 1.1 y Cuadro N° 1.2 del capítulo I.

Para llevar a cabo el diseño de una Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, es necesario tener a mano la información poblacional necesaria; esto es la población directamente atendida, sus dotaciones para determinadas solicitudes, sus hábitos de consumo y otros que pudieran influir de manera directa o indirecta en el proceso de diseño de un PTAR y que esta será bombeada por una línea de conducción a un reservorio.

Luego se procede a determinar las posibles redes de conducción y distribución de las aguas residuales hacia las áreas verdes, y las cotas topográficas del terreno en cada uno de los nodos y distancias de cada tramo conformantes de la red.

### **2.3.2. TRABAJO DE LABORATORIO**

Entre los parámetros más importantes a evaluar, se consideraron el Análisis Químico, Análisis físico y Análisis Bacteriológico de acuerdo al Cuadro N° 1.5. Clasificación de algunos de los parámetros del agua residual, del capítulo I.

### **2.3.3. TRABAJO DE GABINETE**

Una vez obtenidos los datos primarios y secundarios, se procede al procesamiento de los mismos con la finalidad de obtener el diseño definitivo de la PTAR respetando los parámetros y normas del RNE, ANA, SUNASS y MINAM, así como también el diseño hidráulico de la línea de Impulsión, red de distribución y conducción de agua tratada para las áreas verde el cual consiste en obtener la combinación de diámetros más adecuada para satisfacer las demandas de agua en cada uno de los nodos de la red, teniendo en cuenta principalmente la presión y velocidad, tanto máximas y mínimas, a lo largo del día.

Luego se procede al procesamiento de los datos empleados para tales fines el método de la Gradiente hidráulico mediante una plantilla de cálculo realizada en Microsoft Excel. Para la etapa del procesamiento de datos se requiere determinar la topología de la red y seguir una secuencia de cálculo en la cual se encuentran inmersos los cálculos de pérdidas por fricción con la fórmula de Darcy – Weisbach y los coeficientes de fricción con la fórmula de White - Colebrook. El procesamiento de los datos se realiza mediante un proceso iterativo.

Los resultados obtenidos mediante la utilización del Método de la Gradiente, son comprobados y revisados con la utilización del software WATER CAD V 8i, dicha verificación muestra de manera categórica que se llega prácticamente a los mismos resultados.

## **2.4. PROCEDIMIENTO METODOLOGICO**

### **2.4.1. DATOS DE POBLACION**

La población está conformada por alumnos de pre – grado, docentes, Personal administrativo y obreros de todas las áreas. Para realizar un mejor estudio de la

población, es necesario contar con datos censales de años recientes, los mismos que se realizaron desde el año 2000 hasta el 2013, para ello se utilizó la información contenida en el Boletín Estadístico 2000 – 2013 de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

**Cuadro Nº 2.1: Población Estudiantil, Docentes y Personal Administrativos entre los años 2000 - 2013**

<b>Años</b>	<b>Alumnos matriculados<sup>2</sup></b>	<b>Docentes<sup>3</sup></b>	<b>Administrativos<sup>4</sup></b>	<b>Total</b>
2000	7423	504	431	8358
2001	8102	523	414	9039
2002	8379	530	412	9321
2003	8859	534	408	9801
2004	9090	534	413	10037
2005	8869	542	393	9804
2006	9252	545	391	10188
2007	9787	584	403	10774
2008	9279	599	406	10284
2009	9406	597	399	10402
2010	9770	612	397	10779
2011	10619	594	387	11600
2012	11221	613	375	12209
2013	10580	626	383	11589

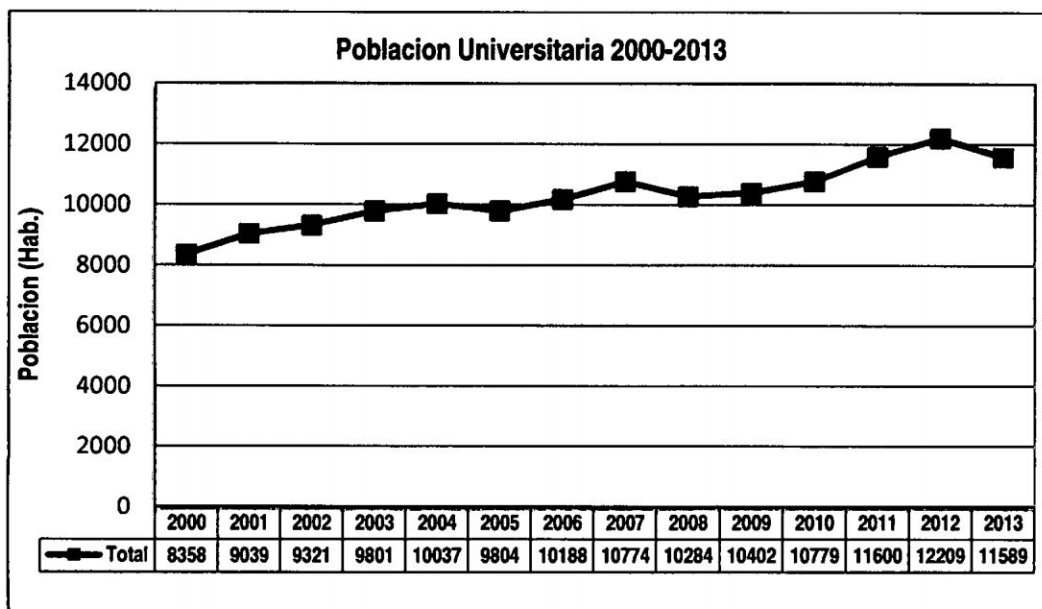
Fuente: Boletín Estadístico 2000 – 2013. Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga.

<sup>2</sup>Se toman como datos los correspondientes al primer semestre, debido a que el número de estudiantes matriculados en el primer semestre es mayor al número de estudiantes matriculados en el segundo semestre. El número de estudiantes en el primer semestre corresponde a la situación mas crítica.

<sup>3</sup> Corresponde a docentes Principales, asociados, Auxiliar y jefe de práctica.

<sup>4</sup> Corresponde a administrativos nombrados y contratados por niveles.

**Grafico N° 2.1. Población Universitaria**



Fuente: Elaboración Propia.

En el Grafico N° 2.1, se observa que del año 2000 hasta el 2013, la población fue aumentada, debido a la construcción de los nuevos pabellones y la misma demanda de cada facultad principalmente al aumento de vacantes para las diferentes carreras.

Casos como el año 2005 y 2008, esto se debe principalmente a que la UNSCH disminuyo sus vacantes, los postulantes no alcanzaron el puntaje mínimo establecido para su ingreso, los alumnos postergaron sus Vacantes y al cese del personal.

Referente a la estructura poblacional de la ciudad universitaria, para mayor información, en el Cuadro N° 2.1, se muestra la distribución de la población estudiantil, docentes y administrativos por escuela de formación profesional y año.

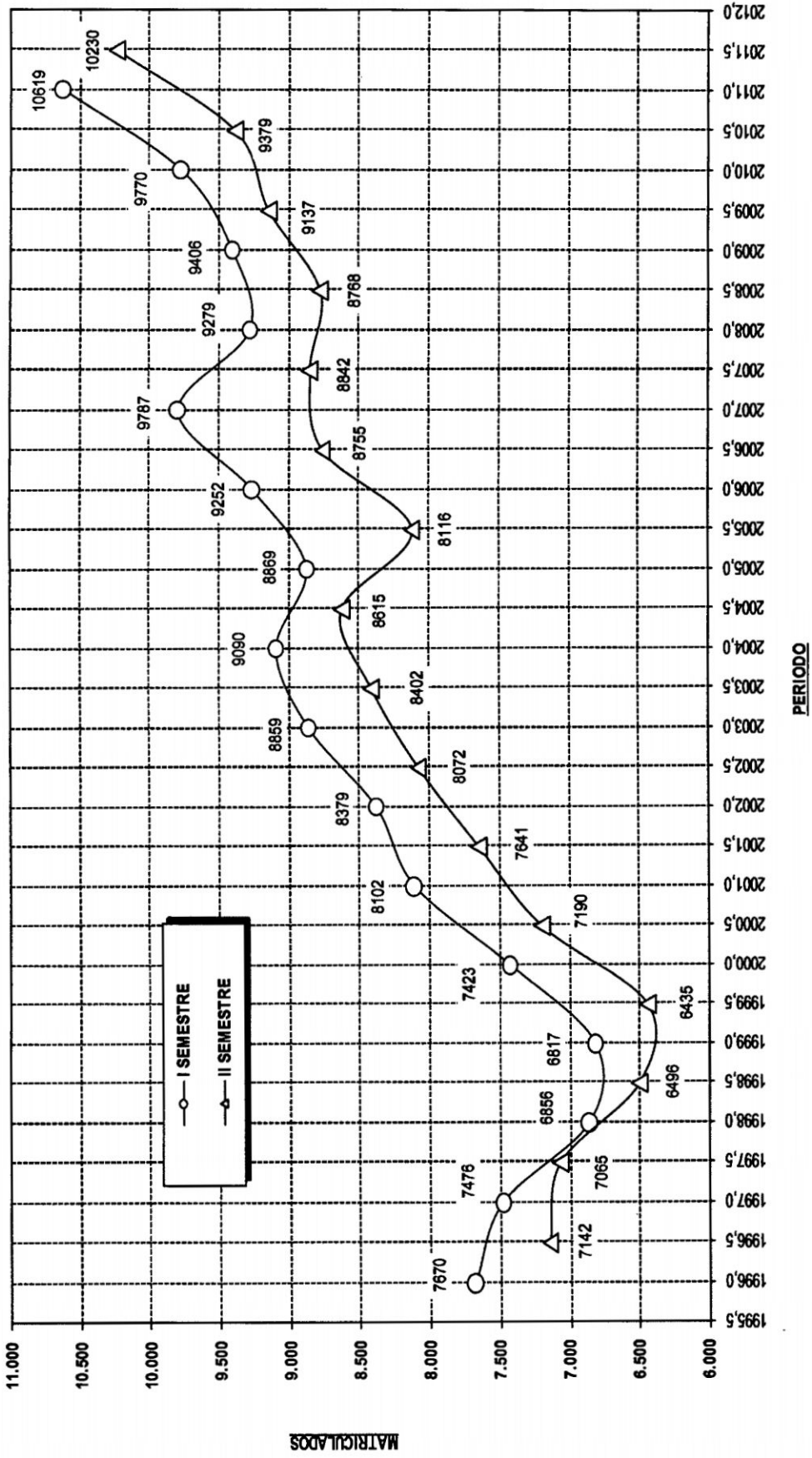
CUADRO Nº 2.2: MATRICULADOS 1990 – 2011. POR ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL

Cód	Escuela de Formación Profesional	1996		1997		1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011							
		I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II								
01	Agronomía	438	578	583	479	590	641	608	588	567	510	524	503	498	570	557	582	551	565	540	550	532	548	512	542	484	552	506	572	526	550	508	555	512	553	510	570	514	
02	Biología	287	450	419	330	276	416	364	391	354	307	319	315	308	325	307	349	328	347	325	328	323	327	326	294	273	341	326	363	330	364	333	369	368	421	399	465	454	
03	Educación Inicial	133	201	201	170	164	215	202	203	201	198	191	209	188	210	205	225	214	242	226	254	245	250	238	216	213	204	196	169	166	146	145	122	111	111	114	140	153	
04	Educación Primaria	123	206	210	184	260	284	283	278	267	265	260	284	245	287	282	309	305	325	322	332	332	329	324	317	298	290	292	275	252	222	215	189	187	169	166	171	173	
05	Educación Secundaria	465	542	528	435	425	557	523	493	473	481	464	433	406	387	396	368	351	381	358	379	347	369	351	359	316	360	346	368	324	367	348	365	353	359	348	412	420	
06	Educación Física	134	174	165	125	146	152	148	143	140	131	127	148	140	146	138	165	160	197	178	216	206	227	220	234	201	213	190	195	157	148	145	114	104	96	100	132	123	
07	Administración	287	361	362	302	362	372	367	361	335	303	279	319	294	357	339	383	350	380	370	406	390	431	412	420	392	459	419	501	456	491	480	534	525	591	568	645	621	
08	Contabilidad y Auditoría	473	566	536	453	540	592	560	571	540	460	463	478	447	547	522	549	535	555	519	567	512	564	552	611	533	594	582	627	592	601	581	611	620	629	634	684	679	
09	Economía	248	309	317	192	261	253	226	248	226	218	215	228	222	277	257	297	282	329	309	345	336	371	357	347	324	392	374	480	427	488	465	534	525	598	571	671	641	
10	Antropología Social	93	139	154	91	112	129	113	127	114	92	110	118	116	134	140	159	155	205	202	251	239	261	250	294	228	290	299	306	275	341	284	370	333	384	360	384	336	
11	Arqueología e Historia	97	195	175	101	145	150	134	139	131	109	102	119	99	128	119	148	146	171	191	216	223	228	226	270	243	280	292	279	268	255	284	263	276	248	279	282	280	
12	Servicio Social	103	156	156	109	122	127	117	139	126	137	125	125	137	156	150	208	197	245	234	266	252	286	268	306	288	340	328	323	315	312	316	336	346	347	349	359	356	
13	Derecho	571	546	516	420	568	693	604	632	631	587	552	621	590	665	634	667	639	712	632	625	610	639	599	639	602	661	628	686	626	657	637	672	655	659	646	698	680	
14	Enfermería	433	497	537	436	516	531	511	523	447	488	438	362	367	360	344	374	337	335	332	374	355	395	353	372	358	437	408	461	419	412	376	433	410	411	400	433	421	
15	Ingeniería de Minas	216	258	236	175	233	226	207	239	222	223	183	216	191	241	228	278	248	271	260	288	268	296	279	261	254	272	273	310	285	294	271	301	299	332	315	369	353	
16	Ingeniería Civil	341	462	473	413	549	559	558	564	507	502	391	457	423	465	443	512	465	483	433	482	437	481	440	465	428	461	413	491	439	487	465	488	473	526	508	547	535	
17	Ingeniería Química	260	325	293	225	217	223	171	193	196	221	177	171	164	193	185	218	204	22	203	227	206	228	229	205	164	179	161	187	155	150	145	159	146	142	141	201	188	
18	Obstetricia	544	549	553	426	537	566	549	539	548	507	507	486	455	453	469	500	466	507	435	466	418	468	426	404	404	409	366	463	404	395	396	407	376	419	376	463	418	
19	Ing. en Ind. Alimentarias	50	171	171	169	246	311	269	309	309	299	269	263	252	316	294	341	314	360	305	359	318	335	326	286	245	270	261	294	254	238	225	247	238	243	209	305	274	
20	Farmacia y Bioquímica	-	-	60	58	191	65	82	73	82	80	84	82	100	99	161	162	220	211	286	276	328	309	351	334	352	331	411	376	447	400	462	436	472	463	491	480	531	519
21	Ingeniería Agrícola	-	-	45	19	17	79	93	78	86	72	91	90	113	107	141	143	202	183	254	231	270	259	283	264	267	241	278	257	287	259	250	222	237	215	242	220	275	263
22	Ingeniería Agroindustrial	-	-	-	-	61	133	129	160	154	171	162	158	150	171	160	172	172	202	180	215	209	223	219	249	232	264	261	294	287	301	291	325	314	356	360	396	398	
23	Cs. de la Comunicación	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
24	Medicina Veterinaria	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	Ingeniería Informática	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
26	Cs. Físico-Matemáticas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	Ing. de Sistemas	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
28	Ing. Agroforestal	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Estudios Generales	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total	5276	6685	6741	7191	7389	7670	7142	7476	7068	6856	6496	6817	6435	7423	7190	8102	7641	8379	8072	8659	8402	9090	8615	8689	8116	9252	8755	9787	8842	9279	8768	9406	9137	9770	9379	10619	10230	

Fuente: Oficina General de Informática y Sistemas

(\*) En el año de 1991 hubo desface del Año Académico

GRAFICO Nº 2.2: MATRICULADOS PREGRADO 1996 – 2012 (I y II SEMESTRE ACADEMICO)

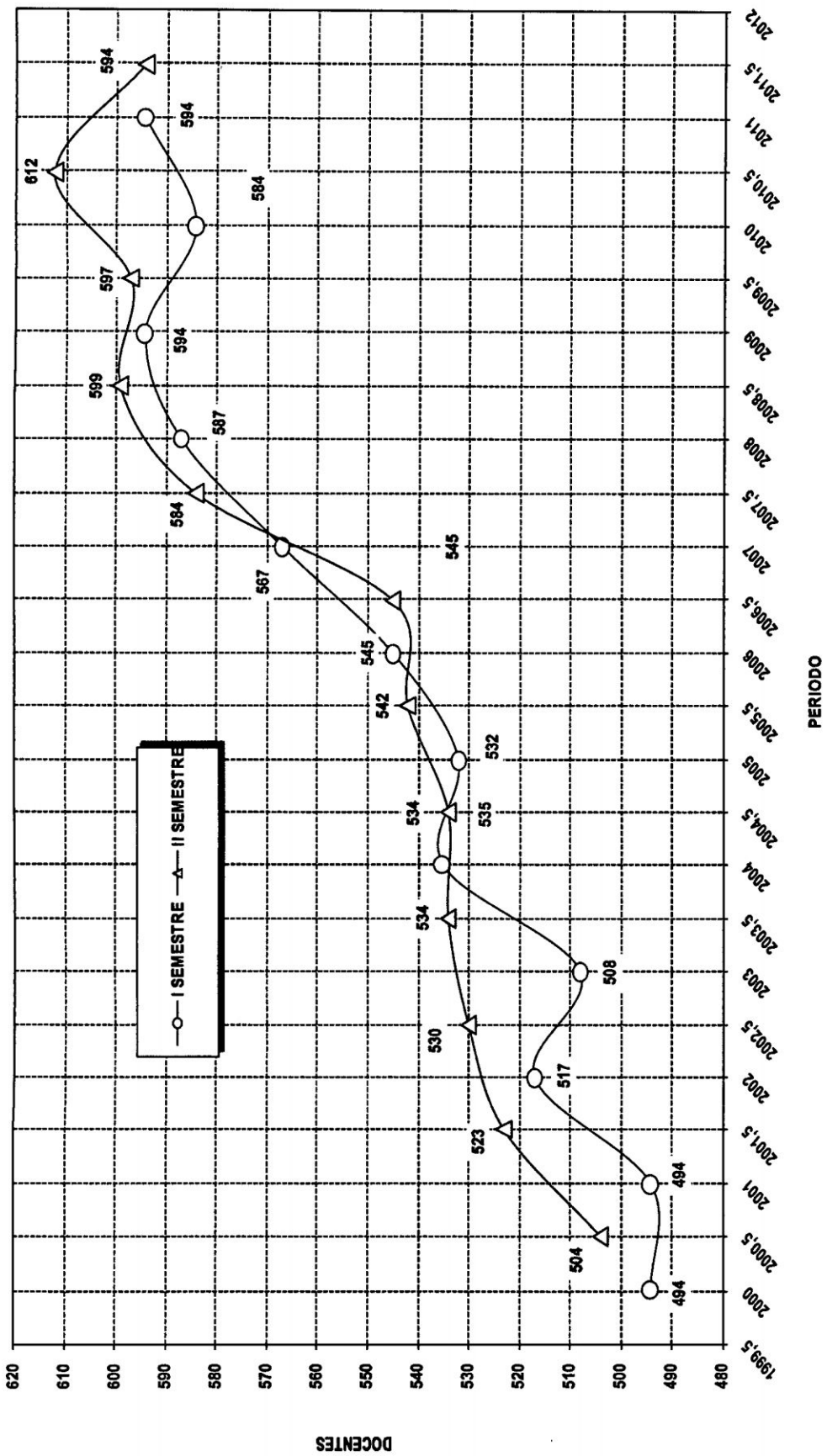


CUADRO N° 2.3: DOCENTES 1981 – 2011. NOMBRADOS Y CONTRATADOS POR DEPARTAMENTO ACADEMICO Y CONDICION LABORAL

Facultad	Departamento Académico	Condición Laboral	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
FCA	Agronomía y Zootecnia	Contratado	13	8	7	2	5	8	5	7	5	6	9	5	8	4	10	8	9	9	7	13	14	18	20	19	15	15	21	16	21	31	24	
		Nombrado	27	30	31	34	36	33	39	36	40	37	35	39	35	35	40	40	40	40	40	40	39	40	40	38	38	44	44	44	49	48	44	42
FCB	Ciencias Biológicas	Contratado	8	6	8	4	4	12	9	12	7	26	28	5	7	10	10	13	17	19	12	12	16	15	15	15	7	8	13	14	16	18	15	
		Nombrado	25	25	27	31	32	25	30	29	37	60	55	32	31	31	33	33	33	32	32	34	34	34	34	34	34	44	43	43	47	47	47	44
FCE	Educación y Ciencias Humanas	Contratado	18	18	25	24	15	12	15	17	13	36	30	27	20	17	17	20	29	27	23	19	24	24	24	24	25	26	27	24	23	32	31	
		Nombrado	35	38	33	37	49	52	49	51	47	50	73	58	53	52	52	54	50	48	48	47	51	51	49	49	49	51	52	54	60	60	82	81
FCEAC	Ciencias Económicas y Administrativas	Contratado	2	4	8	7	11	8	9	6	6				4	5	4	5	5	8	7	6	9	10	11	12	13	6	3	5	5	6		
		Nombrado	19	18	20	22	19	21	18	22	26				20	20	17	21	19	18	18	19	19	18	18	18	17	24	25	25	26	25		
FCS	Ciencias Sociales	Contratado	10	13	14	12	12	15	19	14	12	20	20	6	8	9	7	9	5	8	7	9	6	8	9	9	9	5	6	9	6	9	8	5
		Nombrado	18	18	21	22	25	25	22	30	31	28	24	37	33	33	36	36	36	35	35	34	33	33	32	32	32	35	35	34	38	37	37	36
FDCJ	Ciencias Jurídicas	Contratado	6	8	6	6	6	7	7	10	8	14	15	11	13	10	9	12	13	19	17	15	17	18	21	19	23	23	35	19	19	19	18	
		Nombrado	28	25	30	30	27	27	27	28	31	30	24	21	20	21	20	21	24	23	23	23	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
FENF	Enfermería	Contratado	7	3	8	6	9	11	6	4	2	7	16	5	5	6	5	7	10	5	2	3	6	5	7	8	8	8	8	8	8	6	7	8
		Nombrado	9	10	9	9	12	12	14	14	14	14	12	11	14	15	14	19	16	18	18	17	16	17	17	17	15	13	15	13	14	15	14	14
FIMG	Ingeniería de Minas, Geología y Civil	Contratado	11	16	20	9	10	11	8	8	4	6	7	10	11	13	6	6	14	16	9	12	12	12	12	10	11	8	7	9	8	7	13	11
		Nombrado	37	36	34	16	17	17	20	23	27	25	22	20	20	20	18	24	22	22	22	24	24	24	24	24	23	27	27	29	28	29	27	27
FIQM	Ingeniería Química	Contratado	5	3	3	2	4	4	7	5	7	9	16	12	19	18	20	10	9	11	6	8	12	14	11	13	8	7	6	4	4	37	46	
		Nombrado	22	20	22	23	24	26	23	26	26	25	20	20	23	23	23	25	23	22	22	25	23	20	20	21	20	23	25	26	28	27	66	65
FO	Obstetricia	Contratado	8	6	10	9	11	11	20	15	13			13	9	11	15	14	14	18	10	24	30	34	35	36	30	35	35	25	30			
		Nombrado	37	37	38	36	34	36	36	25	30	36			30	27	33	31	31	31	31	32	31	29	28	28	28	35	30	35	46	42		
Subtotal		Contratado	6	6			1	1	5	3	3	5	6	4	8	9	12	4	5	10	7	8	8	9	10	11	8	10	12	4	4	5	5	
		Nombrado	29	31	34	34	35	34	31	34	36	32	32	32	32	31	30	38	36	37	37	37	36	36	34	34	34	38	38	38	46	45	45	45
Total		Contratado	94	91	109	85	98	111	129	120	100	152	165	115	129	127	131	128	151	167	122	148	174	188	193	199	199	159	163	196	147	157	182	175
		Nombrado	286	288	299	317	328	325	315	336	379	346	302	345	302	345	331	325	376	353	352	353	356	349	342	341	335	383	382	388	452	440	430	419
Total			380	379	408	402	426	436	444	456	479	498	467	460	460	452	507	461	503	519	475	504	523	530	534	534	542	545	564	599	597	612	594	

Fuente: Oficina de Remuneraciones y Pensiones

GRAFICO N° 2.3: DOCENTES 2000 – 2012 (I y II SEMESTRE ACADEMICO)

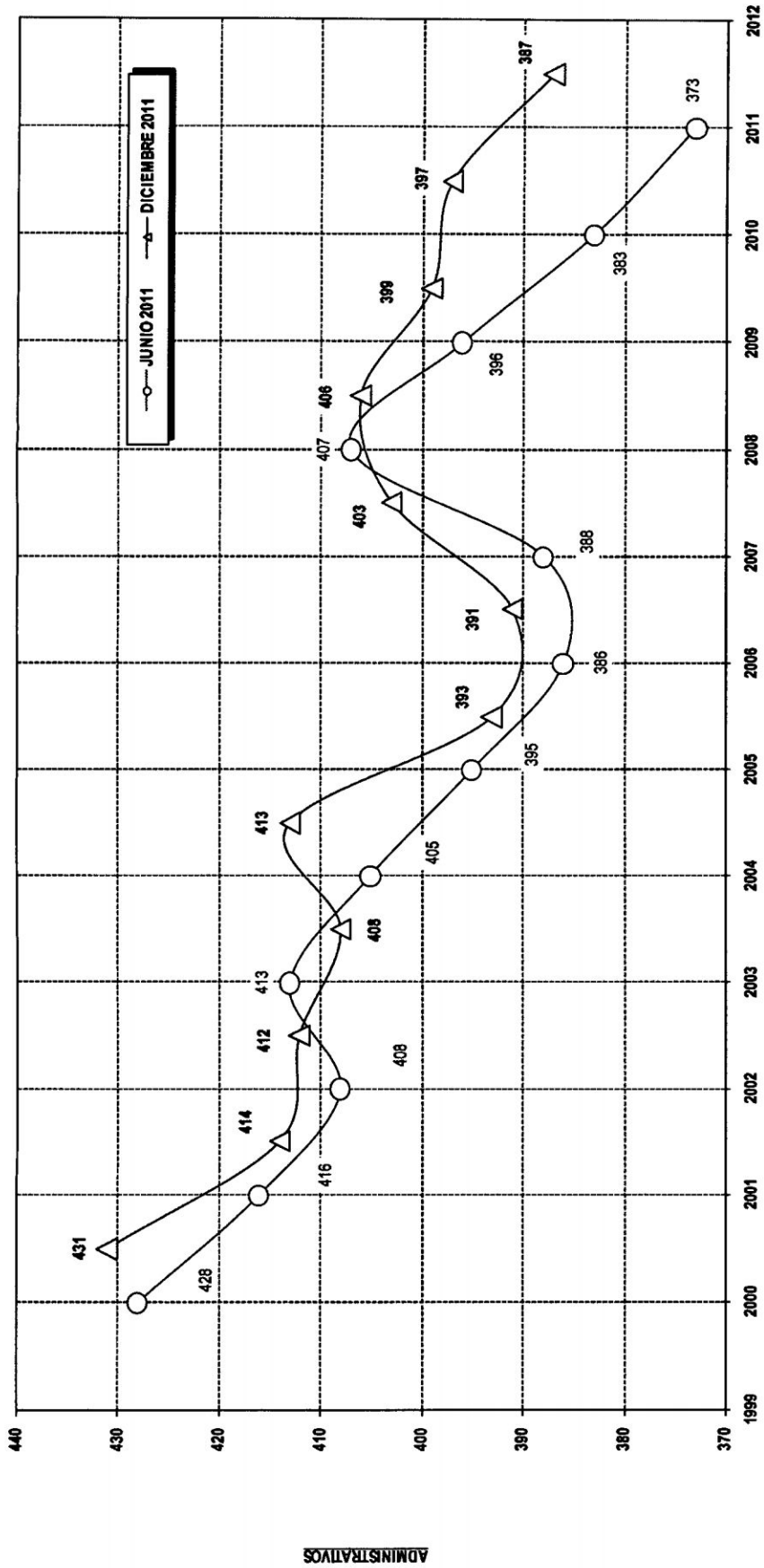


**CUADRO N° 2.4: PERSONAL ADMINISTRATIVO (1990 – 2011). NOMBRADOS Y CONTRATADOS POR NIVELES**

G. Ocupacional y Nivel Remunerativo	1990		1991		1992		1993		1994		1995		1996		1997		1998		1999		2000		2001		2002		2003		2004		2005		2006		2007		2008		2009		2010		2011					
	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C	N	C						
<b>FUNCIÓNARIOS</b>	30	1	19	5	39	38	37	37	31	3	28	3	32	5	31	6	30	9	28	6	31	5	34	4	14	6	27	10	27	9	31	6	31	7														
F-5	21																																															
F-4	7	1	4	2	7	7	7	7	3	3	3	3	2	2	2	3	6	3	4	1	1	3	2	3	5																							
F-3	2	15	3	27	26	27	27	27	28	1	11	20	10	25	1	30	2	23	4	23	4	29	1	31	14																							
F-2																																																
F-1																																																
<b>PROFESIONALES</b>	134	179	45	45	36	36	80	73	2	36	16	36	17	31	25	32	18	28	18	28	20	36	10	31	12	39	12	36	20	29	17	32	12	32	3													
SPA'	9	18	8	8	7	7	8	7	2	6	6	7	2	6	2	7	2	6	1	4	2	3	1	5	1	5	2	7	3	5	1	6	6															
SPB'	17	18	3	3	3	3	8	9	7	7	7	1	6	6	6	6	5	1	5	8	4	4	1	1	3	5	1	2	1	2	1	2	1															
SPC'	73	73	13	12	9	9	42	37	13	6	13	7	12	15	13	11	10	13	10	13	11	11	20	5	17	7	22	6	16	10	14	11	15	7	15													
SPD'	35	70	21	21	16	16	21	19	9	4	8	7	7	7	7	8	5	7	4	5	7	9	3	8	3	9	4	8	6	8	4	8	5	9	3													
SPF'																																																
<b>TÉCNICOS</b>	91	1	92	1	154	125	117	117	58	54	5	109	49	120	75	105	80	98	75	95	77	94	76	93	84	109	55	106	64	113	63	113	59	110	62	121	31	128	24									
STA'	12	11	1	77	75	73	73	8	8	1	45	8	45	9	41	11	38	11	38	10	38	10	37	10	35	15	39	4	43	8	43	7	47	6	43	9	43	5	44	4								
STB'	16	15	15	34	34	34	10	9	27	2	23	8	20	9	19	8	18	9	18	9	18	8	18	12	21	7	21	7	22	7	22	7	21	8	20	4	22	4										
STC'		40	10	8	8	8	8		4		30	14	20	10	21	10	19	9	21	9	22	10	20	19	11	12	16	15	13	12	14	11	15	5	16	3												
STD'	37	26						20	18	24	5	24	21	22	24	20	23	19	24	19	23	19	25	19	19	18	22	20	20	21	22	20	25	11	27	8												
STE'	26	1						19	18	12	4	13	15	12	12	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	10	12	11	10	12	11	11	10	12	18	5	18	5										
STF'																																																
<b>AUXILIARES</b>	25	1	77	194	190	187	187	67	66	79	65	32	46	81	41	83	39	80	40	78	42	77	41	79	78	38	74	37	78	49	68	44	74	44	117	20	117	19										
SA'A'	8	45	43	41	40	40	38	46	23	45	6	32	8	29	10	27	9	28	9	28	9	30	9	29	8	34	2	32	4	17	5	19	5	16	5	37	7	22	3									
SA'B'	17	1	23	27	27	27	20	11	52	11	15	11	15	10	16	10	16	10	16	10	16	10	15	10	13	19	6	17	6	35	4	29	4	32	5	21	4	37	6									
SA'C'		9							4		11		2		2		2		2		2		2		2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
SA'D'									9		9		3	56	2	55																																
SA'E'																																																
SA'F'																																																
<b>OB'EROS</b>	104	14	39	23					35	18	36	36	35	35	35	35	35	35	35	35	34	34	34	34	31	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	29	
OB'I'	38	8	30	15					28	5	28	28	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	27	25	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	
OB'II'	66	6	9	8					7	13	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	7	7	6	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5			
<b>SUBTOTAL</b>	384	17	406	29	432	398	377	377	271	21	260	88	257	127	247	175	240	191	236	178	231	181	228	180	224	189	285	108	274	117	273	130	273	133	267	132	328	69	334	53								
<b>TOTAL</b>	401	435	830	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754	754			

Fuente: Oficina de Remuneraciones y Pensiones C: Contratado N: Nombrado

GRAFICO N° 2.4: PERSONAL ADMINISTRATIVOS POR SEMESTRE ACADEMICO PERIODO 2000 - 2011



PERIODO

## **2.4.2. SERVICIOS ACTUALES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA (UNSCH)**

La ciudad universitaria cuenta con el servicio de luz, agua, desagüé, teléfono, Internet, etc. Estos se pagan mensualmente a sus respectivas dependencias (Electrocentro, Epsasa y telefónica). El área de mantenimiento de la universidad es la encargada de monitorear y llevar el control del consumo de estos servicios.

### **A) SERVICIOS BASICOS**

El sistema de alcantarillado existente está conformada por tuberías de PVC SAP cuyos diámetros son de 8 pulgadas (Red principal: Troncales de tuberías) y 4 pulgadas (Red secundaria: Tuberías que van de las facultades hacia la red principal), el número total de Buzones actuales encontrados en la ciudad Universitaria son de 28 buzones.

Las tuberías de la red principal derivan sus aguas residuales hacia los buzones principales, en el plano que se adjunta, se observa la distribución de las redes de agua potable y alcantarillado de la Ciudad Universitaria. Se tiene el cruce del Cono Norte por la ciudad Universitaria y el empalme de la Escuela de Veterinaria y las facultades de Ciencias Agrarias, Ciencias Sociales y Ciencias de la Educación. Igualmente el recorrido de las aguas residuales generadas en la Ciudad Universitaria en otro desfogue por la puerta N° 02 de la Ciudad Universitaria.

En el plano adjunto se presenta la ubicación y localización de las facultades y laboratorios de la ciudad universitaria – UNSCH, en forma simplificada.

- Facultad de Ciencias Sociales
- E.F.P. de Medicina Veterinaria

- Laboratorio de Facultad de Ingeniería minas, geología y civil.
- Laboratorio de E.F.P. de Agronomía
- Laboratorio de E.F.P. de Biología
- Laboratorio de Facultad de Química
- Facultad de Ciencias Económicas y contables.
- Facultad de Derecho
- Facultad de enfermería
- Facultad de Obstetricia
- Facultad de Educación
- Planteles de Aplicación Guamán Poma de Ayala.
- Puerta Principal N° 02

Los costos actuales de riego de las áreas verdes con agua proveniente de la red del sistema de agua potable, el precio unitario asciende a S/. 0.875 x m<sup>3</sup> de agua, S/. 0.394 por concepto de desagüe emitido por la Empresa Prestadora de Servicios de Saneamiento Ayacucho S.A (EPSASA); considerado como tarifa no residencial Categoría Estatal, siendo los altos costos por el consumo de agua potable y abastecimiento mensuales que viene afrontando UNSCH.

En el cuadro N° 2.5, se detalla los conceptos tarifarios para cada clase y categoría y que son autorizados y aprobado por la resolución N° 087 – 2007 – SUNASS – CD y autorizado con oficio N° 536 – 2012/SUNASS – CD y en el cuadro N° 2.6, se reporta la facturación por mes desde el año 2010 al 2013.

**Cuadro N° 2.5: Tarifa por el servicio de Agua y Alcantarillado**

Clase	Categoría	Rango	Tarifa (S/. m <sup>3</sup> )		Cargo fijo (S/.)	Asignación de consumo (m <sup>3</sup> /mes)
			Agua	Alcantarillado		
Residencial	Social	0 a 10	0.268	0.125	0.00	10
		10 a mas	0.470	0.228	2.65	
	Domestico	0 a 8	0.551	0.240	2.65	20
		8 a 20	0.572	0.251	2.65	
		20 a mas	1.032	0.460	2.65	
No residencial	Comercial	0 a 30	1.282	0.580	2.65	30
		30 a mas	1.669	0.761	2.65	
	Industrial	0 a mas	2.351	1.069	2.65	60
	Estatal	0 a mas	0.875	0.394	2.65	100

Fuente: Epsasa Ayacucho

**Cuadro N° 2.6: Control de Suministro mensual de Agua y Desagüe correspondiente a los años 2010 – 2013.**

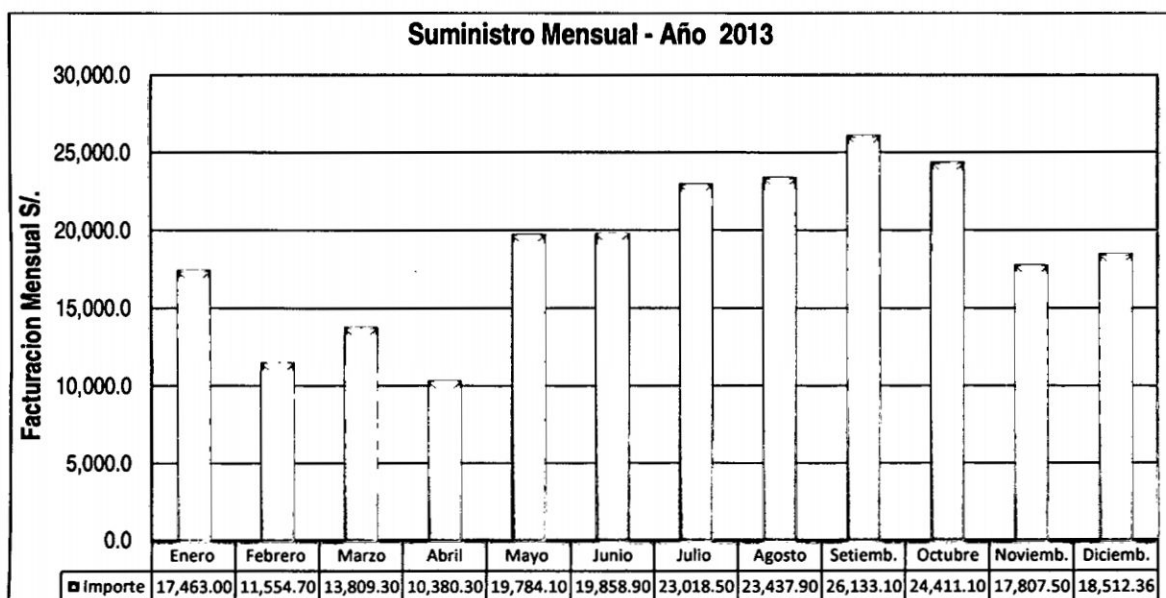
Mes	2010	2011	2012	2013
<b>Enero</b>	16,964.60	24,588.20	21,933.70	17,463.00
<b>Febrero</b>	9,645.50	22,595.10	22,642.60	11,554.70
<b>Marzo</b>	14,585.70	17,881.70	18,658.10	13,809.30
<b>Abril</b>	15,140.50	16,549.90	16,360.30	10,380.30
<b>Mayo</b>	22,101.60	19,931.20	17,144.10	19,784.10
<b>Junio</b>	30,198.70	24,894.50	26,515.20	19,858.90
<b>Julio</b>	31,242.90	33,687.40	27,354.20	23,018.50
<b>Agosto</b>	36,706.00	34,778.60	31,449.00	23,437.90
<b>Setiembre</b>	32,048.00	28,755.30	29,547.20	26,133.10
<b>Octubre</b>	26,790.80	26,679.80	18,975.40	24,411.10
<b>Noviembre</b>	28,230.60	23,472.20	17,043.80	17,807.50
<b>Diciembre</b>	29,117.70	30,555.60	19,604.40	18,512.36
<b>Anual Acumulado</b>	<b>294,782.60</b>	<b>306,380.50</b>	<b>269,240.00</b>	<b>226,170.76</b>

Fuente: Oficina de Suministro de Agua y Desagüe - EPSASA

Según el cuadro N° 2.6, se reporta que las variaciones de las facturaciones en cada mes se deben al exceso consumo de agua debido a las necesidades de la población estudiantil, docente y administrativos, riego en las áreas verdes, laboratorios siendo los meses con más consumo los meses de Junio. Julio, Agosto y Setiembre; y anualmente con mayor consumo según los últimos 4 años se tiene el año 2011.

A Continuación en el Grafico N° 2.5, se observa los pagos mensuales del año 2013 que realiza la universidad por descargar su agua residual hacia el sistema alcantarillado de la Ciudad Universitaria.

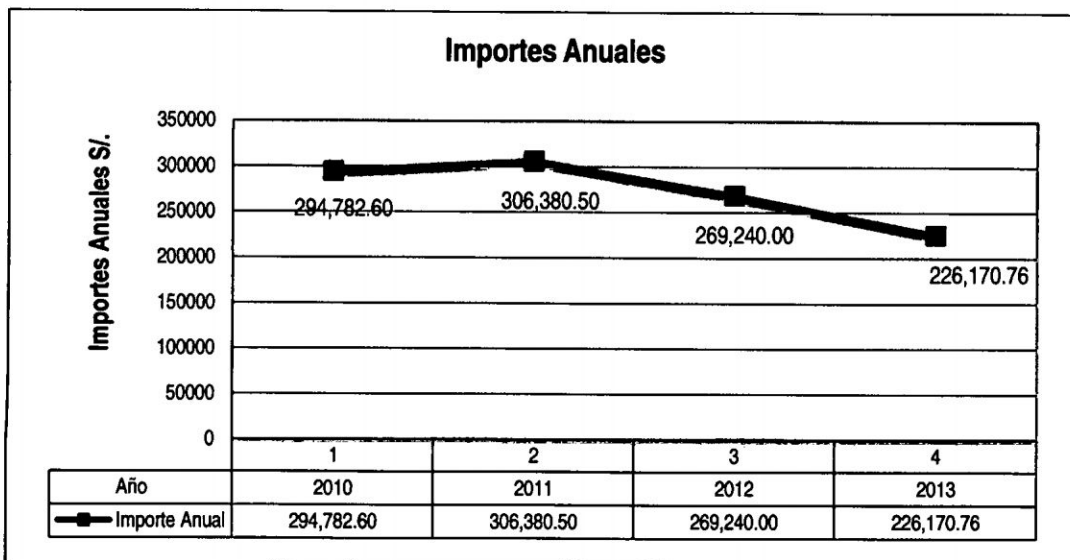
**Gráfico N° 2.5: Facturación mensual, por el uso de la red de agua y alcantarillado**



Fuente: Elaboración Propia.

Según el gráfico N° 2.5, se tiene que el menor importe que se pagó a EPSASA, fue en Abril, con un valor de 10,380.30 soles, y el mayor valor que se pago fue en Setiembre, con un valor de 26,133.10 soles.

**Grafico N° 2.6: Importe Anuales correspondiente a los años 2010 – 2013.**



Fuente: Elaboración Propia.

En el Grafico N° 2.6, el año que más consumo de agua y desagüe corresponde al año 2011 con un acumulado de S/. 306,380.5 nuevos soles; siendo los dos últimos años disminuyeron gradualmente, tal como se muestra en el año 2013 con importe acumulado de S/. 226, 170.76 nuevo soles.

## B. INVENTARIO AMBIENTAL

Actualmente la Ciudad Universitaria, cuenta con los siguientes ambientes, que se muestra en el cuadro adjunto.

**Cuadro N° 2.7: Inventariado de Ambientes de la Ciudad Universitaria.**

DENOMINACION DE LA DEPENDENCIA	AMBIENTES TOTALES
Modulo Tipo Húngaro "G"	132
Pabellón Aulas, Laboratorios y Oficinas "J"	39
Local: Dr. Efraín Morote Best	45
Local: Laboratorio Ingeniería Civil	40
Local: Facultad de Educación	46

Local: Post Grado	22
Local: Laboratorio de Ingeniería Minas y Geología	38
Local: Facultad de Obstetricia	14
Local: Facultad de Enfermería	14
Local: Laboratorio de Ingeniería Química y Metalurgia	37
Local: Laboratorio de Ciencias Biológicas	120
Local: Facultad de Derecho y Ciencias Políticas	28
Local: Pabellón EFP Medicina Veterinaria	36
Local: Centro Tecnológico e informático.	17
Pabellón Laboratorio Facultad de Ciencias agrarias	68
Local: Restaurante y Cafetería Ciudad Universitaria.	3

Fuente: Oficina de Control Patrimonial – UNSCH

### C. SERVICIOS SANITARIOS EXISTENTES.

Los servicios sanitarios existentes en la ciudad universitaria, se tiene en toda las facultades.

**Cuadro Nº 2.8: Servicios Sanitarios Existentes**

Código de Pabellón	Numero de SS.HH por ambiente	Código de Pabellón	Numero de SS.HH por ambiente
G	12	S	5
H	8	T	1
I	4	U	2
J	3	W	5
K	8	X	6
N	4	Y	8
O	14	AA	20
P	2	AB	8
AD	15	AC	4
<b>TOTAL</b>		<b>129 ambientes de SS.HH</b>	

Fuente: Oficina de Control Patrimonial - UNSCH

### 2.4.3. UNIDADES ACADÉMICAS QUE BRINDA LA UNIVERSIDAD

La UNSCH cuenta con veintinueve (29) Escuelas de Formación Profesional, distribuida en diez (10) Facultades.

**Cuadro Nº 2.9: Relación de Escuelas de Formación Profesional**

FACULTAD	CODIGO	ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL
Ciencias Agrarias	01	Agronomía
	21	Ingeniería Agrícola
	24	Medicina Veterinaria
	28	Ingeniería Agroforestal
Ciencias Biológicas	02	Biología
	20	Farmacia y Bioquímica
Ciencias de la Educación	03	Educación Inicial
	04	Educación Primaria
	05	Educación Secundaria
	06	Educación Física
Ciencias Económicas, Administrativas y Contables	07	Administración de Empresas
	08	Contabilidad y Auditoría
	09	Economía
Ciencias Sociales	10	Antropología Social
	11	Arqueología e Historia
	12	Trabajo Social
	23	Ciencias de la Comunicación
Derecho y Ciencias Políticas	13	Derecho
Enfermería	14	Enfermería
Ingeniería de Minas, Geología y Civil	15	Ingeniería de Minas
	16	Ingeniería Civil
	25	Ingeniería Informática
	26	Ciencias Físico-Matemáticas
	27	Ingeniería de Sistemas
Ingeniería Química y Metalurgia	17	Ingeniería Química
	19	Ingeniería en Industrias Alimentarias
	21	Ingeniería Agroindustrial
Obstetricia	18	Obstetricia
Medicina Humana	29	Medicina Humana

Fuente: Oficina de Admisión – UNSCH.

#### **2.4.4. SERVICIOS COMPLEMENTARIOS**

##### **BIBLIOTECA.**

La oficina general del sistema de bibliotecas, tiene bajo su control la organización de la biblioteca central y bibliotecas de las facultades. Están brindan el servicio de préstamo interno y externo de material bibliográfico a los alumnos, profesores y personas externas.

##### **VIVIENDA UNIVERSITARIA O RESIDENCIA.**

Este servicio se encarga de otorgar vivienda para los estudiantes de bajos recursos económicos y /o procedentes de provincias.

##### **BIENESTAR UNIVERSITARIO.**

La oficina general de bienestar realiza los siguientes programas: programa de alimentación, salud, exoneración de pago de matrícula, alojamiento y entre otros.

##### **CENTRO CULTURAL**

Sus atractivos principales son: el coro universitario, ballet universitario, danza, música y folklores. Los alumnos pueden participar de cada uno de estos rubros.

##### **TRANSPORTE.**

La universidad contiene una flota de omnibuses, que se encargan de transportar, interna y externamente, a los estudiantes universitarios.

##### **CLÍNICA UNIVERSITARIA.**

La clínica universitaria de La UNSCH, es la encargada de velar y proporcionar atención médica a la comunidad universitaria y docentes que acuda a sus servicios.

#### 2.4.5. LOCALIZACION DE PUNTOS DE MUESTREO DE AGUAS RESIDUALES

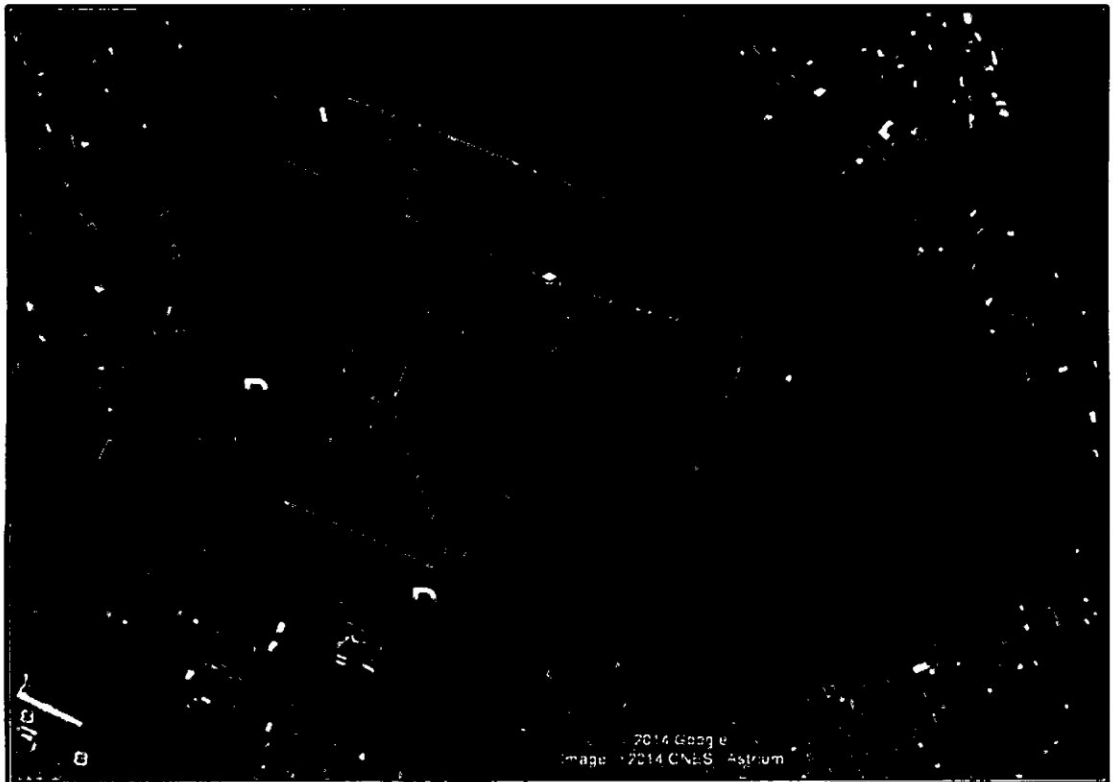
Los muestreos realizados en la Ciudad Universitaria se tomaron en cuenta la ubicación de los Buzones, lo cual se adjunta un plano de Muestreo y el cuadro N° 2.10.

- **MUESTRA N° 01:** El buzón (**Bz – 02**) muestreado se ubica en lado Oeste de la Ciudad Universitaria (ENTRADA UNSCH) y que reúne la E.F.P. de Medicina Veterinaria, La facultad de Ciencias Sociales y las aguas residuales provenientes de las aguas domesticas de la Av. Independencia.
- **MUESTRA N° 02:** El buzón (**Bz – 09**) muestreado se ubica en los nuevos locales construidos que limita con los laboratorios de las Facultades de Ing. Minas y Civil, y que reúne la facultad de Biología e Ing. Química.
- **MUESTRA N° 03:** El buzón (**Bz – 12**) muestreado se ubica a la entrada del Nuevo Parque Central UNSCH, y que reúne la E.F.P. de Biología, E.F.P. Ing. Química, Laboratorios de Ingeniería de Minas y Civil, del Buzón (**Bz – 02**).
- **MUESTRA N° 04:** El buzón (**Bz – 13**) muestreado se ubica en el lado Este de la Ciudad Universitaria, y que reúne de la Facultad de Ciencias Administrativas y Contables (FACEA).
- **MUESTRA N° 05:** El buzón (**Bz – 28**) muestreado se ubica en el lado Sur de la Ciudad Universitaria en Salida UNSCH (Puerta N° 02), y que reúne del Pabellón "H", Laboratorios Húngaros, Obstetricia, Farmacia y Bioquímica, Ing. Agrícola, Cafetín, Biblioteca, Centro Tecnológico de Informática, Facultad de Ciencias Agrarias, Planta de Jugos y Escuela de Post Grado y del otro extremo proviene de las Facultades de Obstetricia y Enfermería.

**Cuadro N° 2.10: Coordenadas de los puntos de muestreo de aguas residuales**

PUNTO DE MUESTRO		UBICACIÓN EN COORDENADAS GEOGRAFICAS LATITUD, LONGITUD, ALTITUD Y COORDENADAS UTM				
MUESTRA N°	DESCRIPCION	Latitud	Longitud	Altitud (msnm)	Este (E)	Norte (N)
1	ENTRADA CONO OESTE UNSCH (Bz - 02)	13°8'49.338" S	74°13'26.568" O	2745.25	58096	8546479
2	UNION FACULTADES (Bz - 09)	13°8'45.06" S	74°13'12.756" O	2738.0	584557	8546597
3	UNION FACULTADES (Bz - 12)	13°8'48.60" S	74°13'11.60" O	2736.8	584562	8546562
4	SALIDA CONO ESTE UNSCH (FACEA) (Bz - 13)	13°8'49.806" S	74°13'6.178" O	2739.56	584715	8546465
5	SALIDA UNSCH (Puerta N° 02) (Bz - 28)	13°8'59.064" S	74°13'13.764" O	2728.60	584485	8546161

Fuente: Elaboración Propia.



**Figura N° 2.2. Localización de puntos de muestreo de aguas residuales**

Fuente: Google Earth - Vista Satelital de la Ciudad Universitaria UNSCH

#### 2.4.6. IDENTIFICACION Y UBICACIÓN DE LAS AREAS VERDES ACTUALES

La cantidad de agua necesaria para abastecer a la universidad y satisfacer sus demandas de riego, está directamente relacionado con el área a regar y la cantidad de vegetación existente en la Ciudad Universitaria.

El tipo de flora que predomina es propia de la región, y en cuanto a las áreas verdes es el *Kikuyo pennisetum sp.*, que está distribuida por toda la ciudad universitaria y varían según su extensión y tipo de vegetación.

**Cuadro N° 2.11: Identificación y Ubicación de las Areas verdes.**

DESCRIPCION	TOTAL (M2)
ESTADIO UNSCH	8,098.00
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS	8,955.70
FACULTAD DE BIOLOGIA	5,720.06
CENTRO TECNOLOGICO DE INFORMATICA	1,184.47
PLANTA DE JUGOS	1,306.23
AREA DERECHO	11,563.09
FACULTAD DERECHO	10,351.52
POST GRADO	882.50
PUERTA N° 01 - EXTERIOR E INTERIOR	9,444.25
BIBLIOTECA GENERAL	7,202.96
CONTORNO CAFETIN	5,628.56
E.F.P. DE ING. AGRICOLA	3,284.25
LABORATORIO DE OBSTETRICIA	3973.73
PABELLON "H"	4,661.02
LABORATORIO DE FARMACIA Y BIOQUIMICA	1,089.19
LABORATORIO DE BIOLOGIA	4,482.29
PABELLON AD - AGRONOMIA	7,254.65
LABORATORIO ING. QUIMICA	3,856.14
LABORATORIO ING. MINAS Y CIVIL	11,048.24
FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y CONTABLES	4,645.93
FACULTAD OBSTETRICIA Y ENFERMERIA	3,884.48

E.F.P. DE MEDICINA VETERINARIA	5,976.91
E.F.P. DE TRABAJO SOCIAL	1,082.25
CONTORNO DEL RESERVORIO	29,924.77
<b>Total de Áreas Verdes (m2)</b>	<b>155,501.190</b>
<b>Total de Áreas Verdes (Ha)</b>	<b>15.55</b>

Fuente: Elaboración Propia.

Se tiene actualmente en la ciudad universitaria 15.55 has de áreas verdes, de los cuales se dividen por facultades y escuelas, cada uno con sus respectivas áreas verdes los cuales son muestra del interés de la UNSCH en la preservación del medioambiente.

La Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, como institución educativa, debe proporcionar las condiciones de máximo confort para quienes en ella elaboran o asisten a su formación, por lo que deberá buscar los medios para generar áreas verdes, que permitan no solo incrementar las zonas con sombra, sino crear espacios agradables para el estudio y la enseñanza.

## **CAPITULO III**

### **RESULTADOS Y DISCUSION**

#### **3.1. DESCRIPCION DEL PROCESO DE DISEÑO**

Los proyectos de diseño en este caso están condicionados al tiempo, el número de usuarios y el servicio eficiente. Los datos de población y tendencias de crecimiento estudiantil tienen incidencia directa sobre la planificación de los sistemas de alcantarillado sanitario y el diseño de los sistemas de tratamiento de aguas residuales ya que a través de estos datos es que se determinan los caudales de diseño necesarios para el dimensionamiento del sistema de tratamiento.

##### **3.1.1. POBLACION UNIVERSITARIA DE DISEÑO**

La población de diseño está comprendida por la población estudiantil, docente y administrativos, tal como se detalló en el Cuadro N° 2.1 del capítulo II, los datos registrados se obtuvieron de la oficina de Informática y estadística correspondiente de los años 2000 a 2013.

Para el cálculo de la población futura existen diversos métodos, de los cuales para una tendencia más exacta lo realizaremos por el método de la **REGRESION SIMPLE** y el

**MÉTODO DE MÍNIMO CUADRADOS**, los parámetros a utilizar: X (Año), Y (Numero de Población).

**a. Formulas del método de mínimos cuadrados**

**Promedio en "X":**

$$\bullet \quad \bar{X} = \frac{\sum Xi}{n} \quad \text{(Ecuación N° 3.1)}$$

**Promedio en "Y":**

$$\bullet \quad \bar{Y} = \frac{\sum Yi}{n} \quad \text{(Ecuación N° 3.2)}$$

**Suma de Cuadrados en "X":**

$$\bullet \quad SC(X) = \sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n} \quad \text{(Ecuación N° 3.3)}$$

**Suma de Cuadrados en "Y":**

$$\bullet \quad SC(Y) = \sum Y_i^2 - \frac{(\sum Y_i)^2}{n} \quad \text{(Ecuación N° 3.4)}$$

**Producto de "XY")**

$$\bullet \quad SP(XY) = \sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{n} \quad \text{(Ecuación N° 3.5)}$$

Para los cálculos aritméticos se tendrá que utilizar la herramienta del Microsoft Excel.

**b. Formulas del método de Regresión Simple.**

- $\hat{Y}_1 = b_0 + b_1 X_1$  (Ecuación N° 3.6)
- $b_1 = \frac{SP(XY)}{SC(X)}$
- $b_0 = \bar{Y} - b_1 \bar{X}$

Dónde:

- "Y" es la variable dependiente, y "X" es la variable independiente.
- "b<sub>0</sub>" es el valor de la ordenada donde la línea de regresión se intercepta con el eje Y.
- "b<sub>1</sub>" es el coeficiente de regresión poblacional (pendiente de la línea recta).

**Cuadro N° 3.1: Variables de la población de la Ciudad Universitaria.**

VARIABLE		MÍNIMOS CUADRADOS		
Año (X)	Población (Y)	X <sup>2</sup>	Y <sup>2</sup>	X*Y
2000	8358	4,000,000.00	69,856,164.00	16,716,000.00
2001	9039	4,004,001.00	81,703,521.00	18,087,039.00
2002	9321	4,008,004.00	86,881,041.00	18,660,642.00
2003	9801	4,012,009.00	96,059,601.00	19,631,403.00
2004	10037	4,016,016.00	100,741,369.00	20,114,148.00
2005	9804	4,020,025.00	96,118,416.00	19,657,020.00
2006	10188	4,024,036.00	103,795,344.00	20,437,128.00
2007	10774	4,028,049.00	116,079,076.00	21,623,418.00
2008	10284	4,032,064.00	105,760,656.00	20,650,272.00
2009	10402	4,036,081.00	108,201,604.00	20,897,618.00
2010	10779	4,040,100.00	116,186,841.00	21,665,790.00
2011	11600	4,044,121.00	134,560,000.00	23,327,600.00
2012	12209	4,048,144.00	149,059,681.00	24,564,508.00
2013	11589	4,052,169.00	134,304,921.00	23,328,657.00
<b>28,091.00</b>	<b>144,185.00</b>	<b>56,364,819.00</b>	<b>1,499,308,235.00</b>	<b>289,361,243.00</b>

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación detallaremos con las siguientes fórmulas de los Mínimos Cuadrados, sus respectivos cálculos:

$$a. \quad \bar{X} = \frac{\sum X_i}{n} = \frac{28,091.0}{14} = 2006.5$$

$$b. \quad \bar{Y} = \frac{\sum Y_i}{n} = \frac{144,185.0}{14} = 10,298.93$$

$$c. \quad SC(Y) = \sum Y_i^2 - \frac{(\sum Y_i)^2}{n} = 1,499,308,235.0 - \frac{(144,185.0)^2}{14} = 14,357,218.93$$

$$d. \quad SC(X) = \sum X_i^2 - \frac{(\sum X_i)^2}{n} = 56,364,819.0 - \frac{(28,091.0)^2}{14} = 227.50$$

$$e. \quad SP(XY) = \sum XY - \frac{\sum X \sum Y}{n} = 289,361,243.0 - \frac{(28,091.0)(144,185.0)}{14} = 54,040.50$$

Con el método de la Regresión simple, determinaremos sus respectivos parámetros  $b_1$  y  $b_0$ .

$$\hat{Y}_1 = b_0 + b_1 X_1$$

$$b_1 = \frac{SP(XY)}{SC(X)} = \frac{54,040.50}{227.50} = 237.54$$

$$b_0 = \bar{Y} - b_1 \bar{X} = 10,298.93 - 237.54(2006.5) = -466,326.40$$

Reemplazando en la ecuación de la Regresión Lineal Simple se tiene:

$$Y_1 = -466325.11 + 237.54X_1$$

$$Y_1 = 237.54X_1 - 466,325.11$$

Calculando el coeficiente de correlación múltiple (R).

$$R = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n(\sum x^2) - (\sum x)^2][n(\sum y^2) - (\sum y)^2]}} \quad \text{(Ecuación N° 3.7)}$$

Reemplazando en la ecuación del coeficiente de correlación se tiene:

$$R = \frac{14(289,361,243.0) - (28,091.0)(144,185.0)}{\sqrt{[14(56,364,819.0) - (28,091.0)^2][14(1,499,308,235.0) - (144,185.0)^2]}}$$

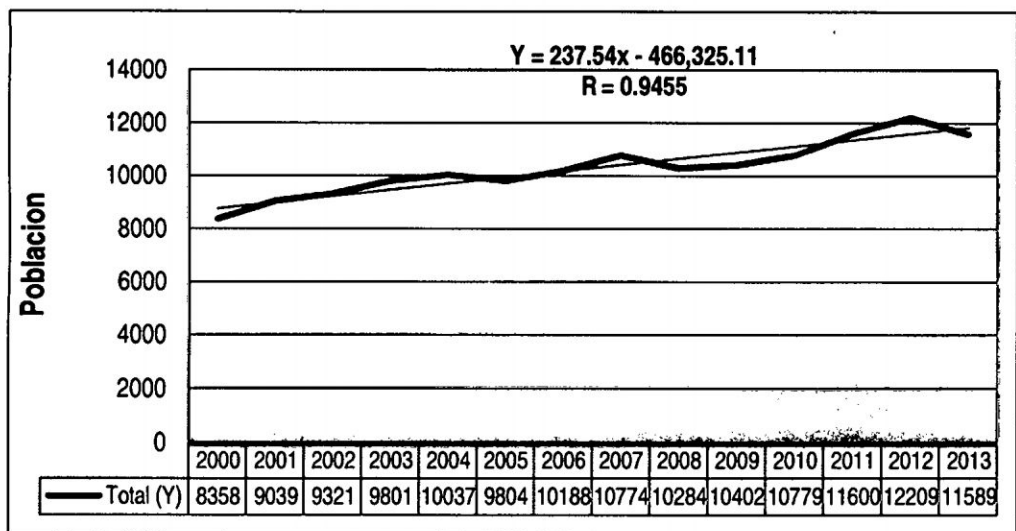
$$R = \frac{756,567.0}{800,117.73}$$

$$R = 0.9455 = 94.55\%$$

Este resultado nos indica que existe un 94.55% entre las variables de año y población estudiantil, por tanto es significativo debido a que el coeficiente se asemeja a 1.

Para estudiar mejor a la población contribuyente, se observa en el Grafico N° 3.1, la tendencia que sigue la población con el paso de los años.

**Grafico N° 3.1: Crecimiento Poblacional de la ciudad Universitaria mediante la ecuación de regresión Lineal Simple.**



Fuente: Elaboración Propia.

La población futura universitaria se considerara un periodo de diseño de 20 años, a partir del 2014 hasta el 2034.

Con la ecuación de la Regresión Simple obtenida, calcularemos en la población futura para el primer año (2014) y para el periodo de diseño de 20 años (2034).

**Año 2014:**

$$Y_{14} = 237.54X_{14} - 466325.11$$

$$Y_{14} = 237.54(2014) - 466,325.11$$

$$Y_{14} = 12,080.48 \text{ habitantes.}$$

**Año 2034:**

$$Y_{34} = 237.54X_{34} - 466325.11$$

$$Y_{34} = 237.54(2034) - 466,325.11$$

$$Y_{34} = 16,831.30 \text{ habitantes.}$$

La población futura de diseño en el año 2034 es de 16,831.0 habitantes.

### 3.1.2. CAUDAL DE DISEÑO DE LAS AGUAS RESIDUALES

Los caudales de aguas residuales se obtienen a partir de la base de datos de consumo de agua potable para el sector estudiado. El consumo que se registra por tipo de usuario es convertido en caudal de agua residual a partir del coeficiente de retorno.

$$Q_m = \frac{P_f * D_{ot}}{86400} * C_r$$

Dónde:

- $Q_m$ : Caudal medio diario de aguas residuales
- $P_f$ : Población futura
- $D_{ot}$ : Dotación
- $C_r$ : coeficiente de retorno (0.8)

$$Q_m = \frac{16,831 \text{ hab.} \cdot 50 \text{ lt/hab/dia}}{86400} \cdot 0.8$$

$$Q_m = 7.79 \text{ lt/seg}$$

Para los efectos de las variaciones de consumo se considera según las normas de RNE OS.070 se consideró los siguientes coeficientes de variación de consumo para el cálculo de caudales característicos.

- Coeficiente para consumo máximo diaria:  $K_1 = 1.30$
- Coeficiente para consumo máximo horaria:  $K_2 = 1.80 - 2.50$
- Coeficiente de variación mínima horaria:  $K_3 = 0.50$

**Caudal máximo diario:**

$$Q_{\text{max diario}} = K_1 \cdot Q_m$$

$$Q_{\text{max diario}} = 1.30 \cdot 7.79 \text{ lt/seg}$$

$$Q_{\text{max diario}} = 10.13 \text{ lt/seg} \cong 0.01013 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

**Caudal máximo horario:**

$$Q_{\text{max hor}} = K_2 \cdot Q_m$$

$$Q_{\text{max hor}} = 2.50 \cdot 10.13 \text{ lt/seg}$$

$$Q_{\text{max hor}} = 25.325 \text{ lt/seg} \cong 0.02533 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

También se tendrá en cuenta el caudal de infiltración de las aguas lluvias. Los caudales de infiltración son calculados:

Longitud total de la red

3.5228	Km
--------	----

Número de Buzones de la red

28.00	Und
-------	-----

**Calculando el caudal de infiltración en la red.**

$$Q_i = 0.0002315 \times L$$

$$Q_i = 0.0002315 \times 3.52 \text{ km}$$

$$Q_i = 0.82 \text{ l/seg}$$

**Calculando el caudal Buzones de la red.**

$$Q_b = 0.0044 \times N^\circ \text{ Buzones}$$

$$Q_b = 0.0044 \times 28$$

$$Q_b = 0.12 \text{ l/seg}$$

**Calculando el caudal de infiltración por lluvias.**

$$Q_{ll} = 0.008 \times L$$

$$Q_{ll} = 0.008 \times 3522.8 \text{ ml}$$

$$Q_{ll} = 28.18 \text{ l/s}$$

Por tanto la sumatoria de los caudales generados por la población, infiltración, buzones y lluvias se tiene:

$$\sum Q_T = Q_{mh} + Q_i + Q_b + Q_{ll}$$

$$Q_T = 25.325 \text{ l/s} + 0.82 \text{ l/s} + 0.12 \text{ l/s} + 28.18 \text{ l/s}$$

$$Q_T = 54.445 \text{ l/s}$$

### **3.1.3. SISTEMA DE ALCANTARILLADO**

Con el diseño se propone una red de alcantarillado de 3522.83 ml y 28 buzones, las cuales tendrán como disposición final cargar los afluentes hacia la planta de tratamiento de aguas residuales que está ubicado en el lado este entre las losas deportivas de la ciudad universitaria.

Para ello utilizaremos las formulas correspondientes al diseño de la red de alcantarillado entre ellos la fórmula de Manning y la Ecuación de Continuidad, es la más práctica para el diseño de canales abiertos y cerrados, actualmente se utiliza para conductos cerrados y tiene la siguiente expresión:

**Continuidad:**  $Q = V \cdot A$

**(Ecuación N° 3.8)**

Dónde:

- Q = Caudal (m<sup>3</sup>/s)
- V = Velocidad (m/s).
- A = Área (m<sup>2</sup>)

Despejamos en función al diámetro y se tiene:

Dónde: 
$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \times V}}$$

- D = Diámetro (Pulgadas, cm).
- Q = Caudal (m<sup>3</sup>/s)
- V = Velocidad (m/s), consideraremos como velocidad mínima de 0.60 m/s.

$$D = \sqrt{\frac{4(0.05445 \text{ m}^3/\text{s})}{\pi \times 0.60 \text{ m/s}}}$$
$$D = 0.321 \text{ m} = 32.1 \text{ cm} \cong 12.6''$$

El diámetro obtenido, es la entrada del inicio de la planta de tratamiento de aguas residuales, por lo que en el diseño es de D = 12".

Para verificar esta velocidad, lo realizaremos mediante un programa de ingeniería **Hcanales**, la cual determinara mediante la fórmula de Manning las características hidráulicas y velocidad.

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

**(Ecuación N° 3.9)**

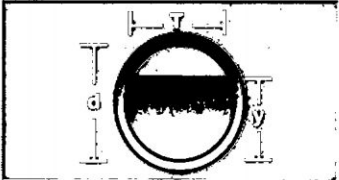
Dónde:

- V = Velocidad (m/s).
- n = Coeficiente de rugosidad (adimensional).
- R = Radio hidráulico (m).
- S = Pendiente (m/m).

Lugar:	CIUDAD UNIVERSITARIA	Proyecto:	PTAR - UNSCH
Tramo:	RED DE ALCANTARILLADO	Revestimiento:	PVC

<b>Datos:</b>	
Caudal (Q):	0.048595 m <sup>3</sup> /s
Diámetro (d):	0.321 m
Rugosidad (n):	0.013
Pendiente (S):	0.006 m/m

<b>Resultados:</b>			
Tirante normal (y):	0.1683 m	Perímetro mojado (p):	0.5199 m
Área hidráulica (A):	0.0430 m <sup>2</sup>	Radio hidráulico (R):	0.0827 m
Espejo de agua (T):	0.3206 m	Velocidad (v):	1.1307 m/s
Número de Froude (F):	0.9860	Energía específica (E):	0.2335 m-Kg/Kg
Tipo de flujo:	Subcrítico		

**Figura N° 3.1: Determinación de las Características Hidráulicas y Velocidad.**

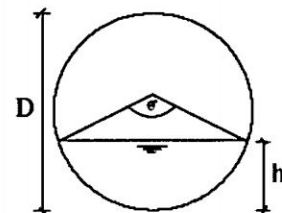
Fuente: software "H CANALES"

Su velocidad obtenida mediante el software "H CANALES" es  $V = 1.1307$  m/s

**Para tuberías con sección parcialmente llena:**

El grado central  $\theta$  en grado sexagesimal:

$$\theta = 2 \arccos\left(1 - \frac{2h}{D}\right)$$



Para la red de alcantarillado el valor de "h", consideraremos a la mitad del diámetro de la tubería, 0.152 m.

$$\theta = 2 \arccos\left(1 - \frac{2(0.10)}{0.20}\right)$$

$$\theta = 2 \arccos(0) = 180^\circ$$

**Radio hidráulico:**

$$R = \frac{D}{4} \left(1 - \frac{360 \sin \theta}{2\pi \theta}\right)$$

$$R = \frac{D}{4} \left(1 - \frac{360 \sin 180^\circ}{2\pi(180)}\right)$$

$$R = \frac{0.304}{4} (1 - 0) = 0.076 \text{ m}$$

Entonces se obtiene, la nueva velocidad.

**Velocidad:**

$$V = \frac{0.397 D^{\frac{2}{3}}}{n} \left(1 - \frac{360 \sin \theta}{2\pi \theta}\right)^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}}$$

$$V = \frac{0.397 (0.304)^{\frac{2}{3}}}{0.013} \left(1 - \frac{360 \sin 180^\circ}{2\pi(180)}\right)^{\frac{2}{3}} (0.006)^{\frac{1}{2}}$$

$$V = 1.233 \text{ m/s}$$

**Caudal:**

$$Q = V \times A$$

$$Q = V \times \frac{\pi D^2}{4}$$

$$Q = 1.233 \text{ m/s} \times \frac{\pi (0.304)^2}{4} = 0.089 \text{ m}^3/\text{s} = 89.49 \text{ l/s}$$

### **3.1.4. DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

La capacidad de una planta de tratamiento de aguas residuales normalmente se estima con base en el **caudal máximo horario** en el que se realiza el diseño.

La propuesta del diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, se divide en fases de tratamiento, siendo éstas las siguientes: Cámara de rejillas, desarenador, tanque Imhoff, Lecho de Secado, Filtro anaerobio de flujo Ascendente (FAFA), Filtro Percolador biológico.

Cada una de estas fases la constituyen elementos diseñados para lograr remover algunos componentes presentes en las aguas residuales una vez que ésta pasa por ellos, logrando de esta manera producir un efluente de la planta que cumpla con los requisitos para ser descargada a un cuerpo receptor.

#### **3.1.4.1. CARACTERIZACION Y ANALISIS EXPERIMENTALES DE AGUAS RESIDUALES.**

Para la toma de muestras de las aguas residuales de la ciudad Universitaria, se tuvo en cuenta las referencias bibliográficas para la fácil accesibilidad de los buzones y los puntos a considerar.

En el momento de recoger la muestra, es conveniente asegurar la no formación de excesivas turbulencias que pudieran liberar gases disueltos, lo cual conduciría a la toma de unas muestras no representativa.

Los muestreos realizados se dieron con frecuencia durante el día, por la misma variación de la temperatura y clima, tomándose en cuenta los parámetros ya mencionados en el Cuadro N° 1.2. Límite Máximo Permisible para cada tipo de agua.

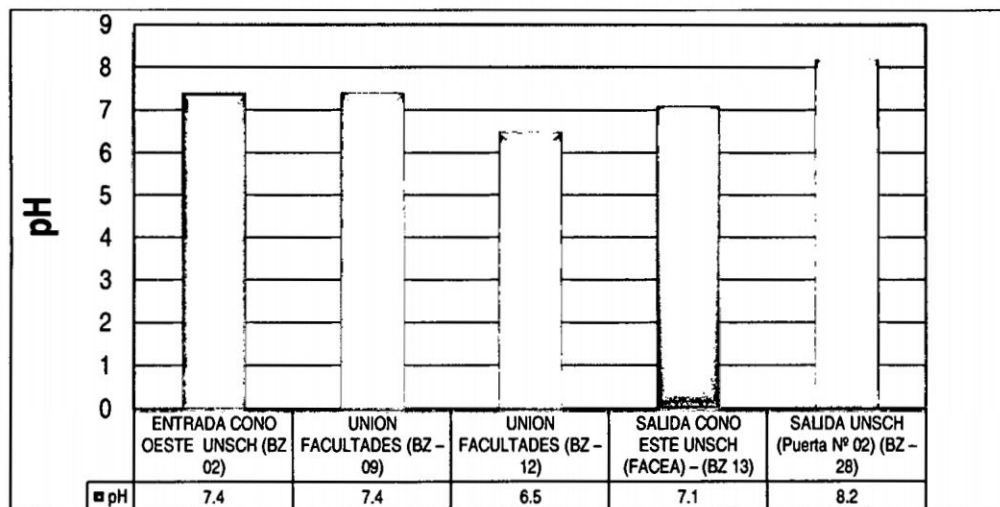
Para tal fin detallaremos en forma gráfica y en cuadros respectivos para cada parámetro de agua residual.

**Cuadro N° 3.2: Valores de pH, turbiedad, conductividad, sales, Alcalinidad, dureza calcica, dureza total, cloruros, dureza magnesica en aguas residuales generadas en la Ciudad Universitaria.**

PUNTO DE MUESTREO	pH	Turbiedad	C.E	SAL	ALCAL.	DUREZA CALCICA	DUREZA TOTAL	CLORUROS	DUREZA MAGNESICA
		UNT	$\mu S/cm$	%	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
ENTRADA CONO OESTE UNSCH (BZ 02)	7.4	446.8	936.9	0.5	233.1	61.6	115.3	96.7	53.6
UNION FACULTADES (BZ - 09)	7.4	37.1	631.8	0.3	82.9	70.0	124.9	118.6	54.9
UNION FACULTADES (BZ - 12)	6.5	364.0	1154.0	0.4	136.0	78.6	110.56	48.98	37.8
SALIDA CONO ESTE UNSCH (FACEA) - (BZ 13)	7.1	424.2	977.4	0.5	234.0	106	78.98	56.32	36.25
SALIDA UNSCH (Puerta N° 02) (BZ - 28)	8.2	87.9	724.9	0.4	114.5	61	98.8	132.0	37.8

Fuente: Elaboración Propia – Ensayo Laboratorio Facultad de Ciencias Biológicas

**Gráfico N° 3.2: Comportamiento del pH en las aguas residuales de los puntos de muestreo.**

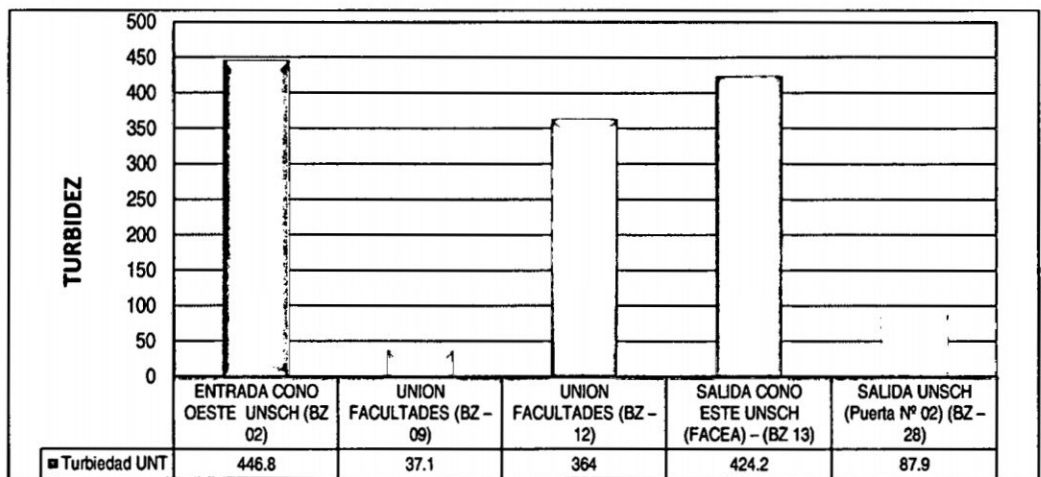


Fuente: Elaboración Propia.

En la Entrada Cono Oeste (Bz - 02) de la ciudad Universitaria, el pH es de 7.4, son aguas provenientes de desagües domésticos y mercados, mientras en la unión de las

facultades (Bz -12), son provenientes de la E.F.P. de Biología, E.F.P. Ing. Química, Laboratorios de Ingeniería de Minas y Civil, del Buzón (Bz – 02), siendo su pH de 6.5, esta disminución se atribuye a que en algunos laboratorios se utilizan y se desechan soluciones acidas.

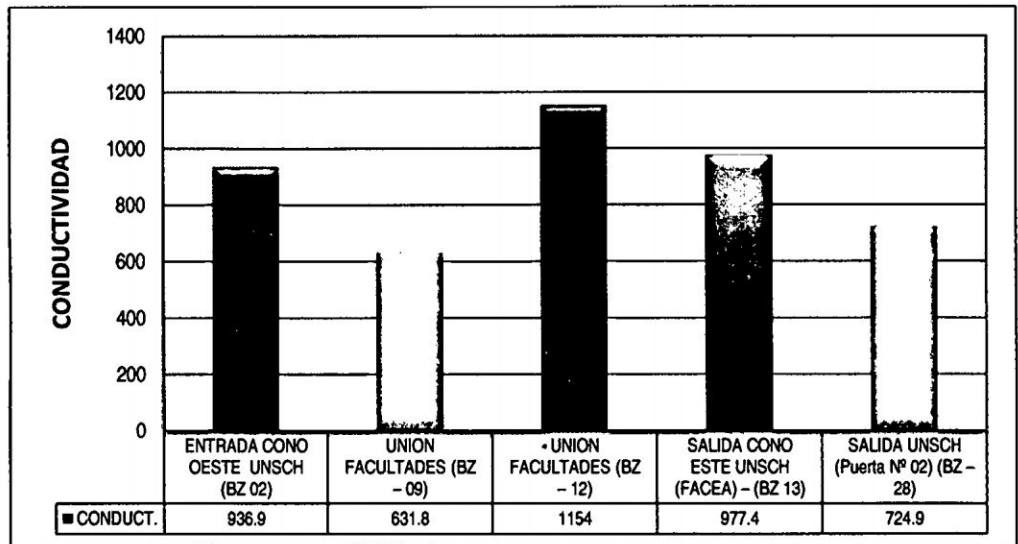
**Gráfico N° 3.3: Comportamiento de la Turbiedad en las aguas residuales de los puntos de muestreo.**



Fuente: Elaboración Propia.

Se observa que los resultados de turbiedad varían de acuerdo a la procedencia de las aguas muestreadas, ya que a la entrada del cono oeste (Bz – 02), salida del cono este (Bz – 13) y en la unión de facultades (Bz – 12) de la ciudad universitaria, las aguas residuales son muy turbias y de uso doméstico, lo que indica la existencia de solidos suspendidos y sustancias orgánicas en el agua, que fluctúan en un rango de 364 UNT a 447 UNT. En cuanto a la Unión de Facultades (Bz -09) y Salida UNSCH (Puerta N° 02) (Bz – 28), su turbidez son mínimas debido a que las aguas son claras y con poca existencia de solidos suspendidos y que provienen en gran parte solo de uso en los laboratorios

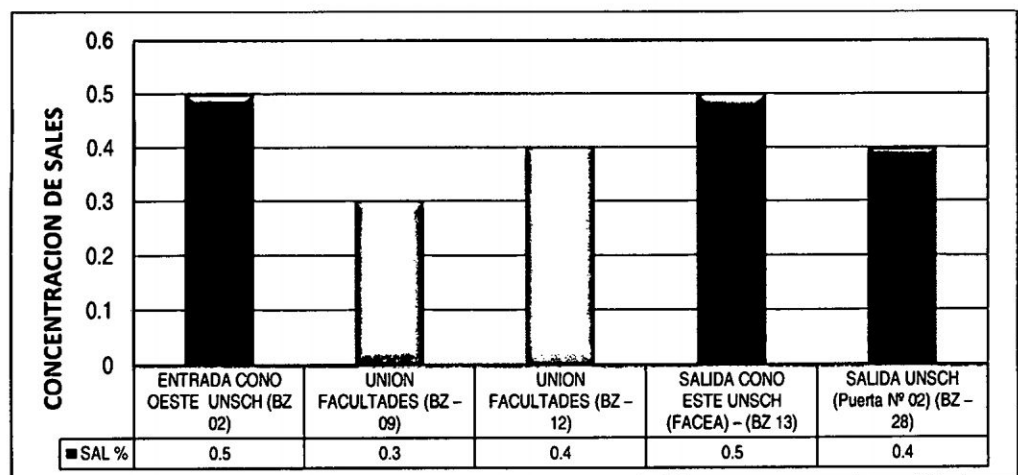
**Gráfico N° 3.4: Comportamiento de la Conductividad Eléctrica en las aguas residuales de los puntos de muestreo.**



Fuente: Elaboración Propia.

La conductividad Eléctrica específica a la entrada del cono oeste (Bz - 02), salida del cono este (Bz - 13) y en la unión de facultades (Bz - 12) de la ciudad universitaria mostraron valores altos 936.9  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 1154  $\mu\text{S}/\text{cm}$  con respecto a los otras muestras que solo provienen solamente de la ciudad universitaria.

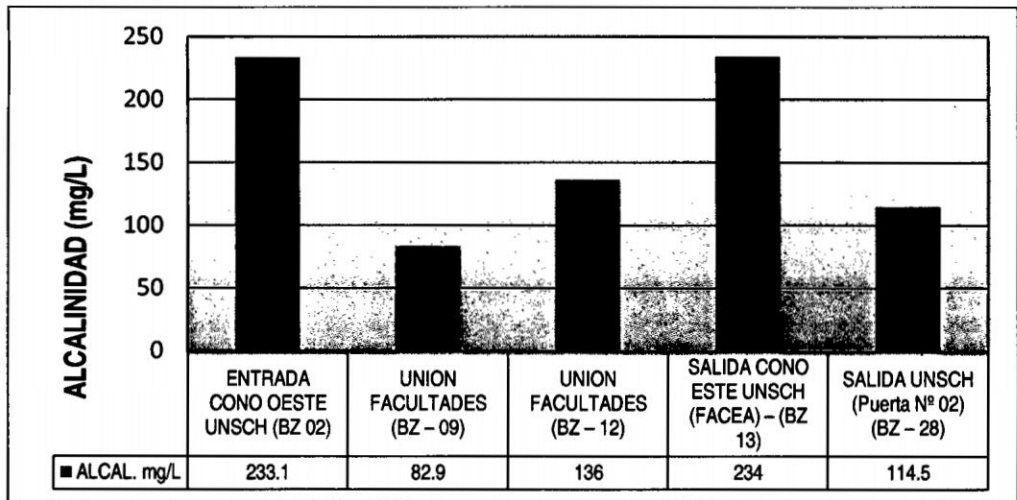
**Gráfico N° 3.5: Comportamiento de la Concentración de Sales en las aguas residuales de los puntos de muestreo.**



Fuente: Elaboración Propia.

El rango del porcentaje de concentración de sal oscilo entre 0.3% a 0.5%. Las soluciones salinas provenientes de la Entrada Cono Oeste y de la ciudad universitaria estuvieron dentro del rango del mínimo permisible de aguas residuales.

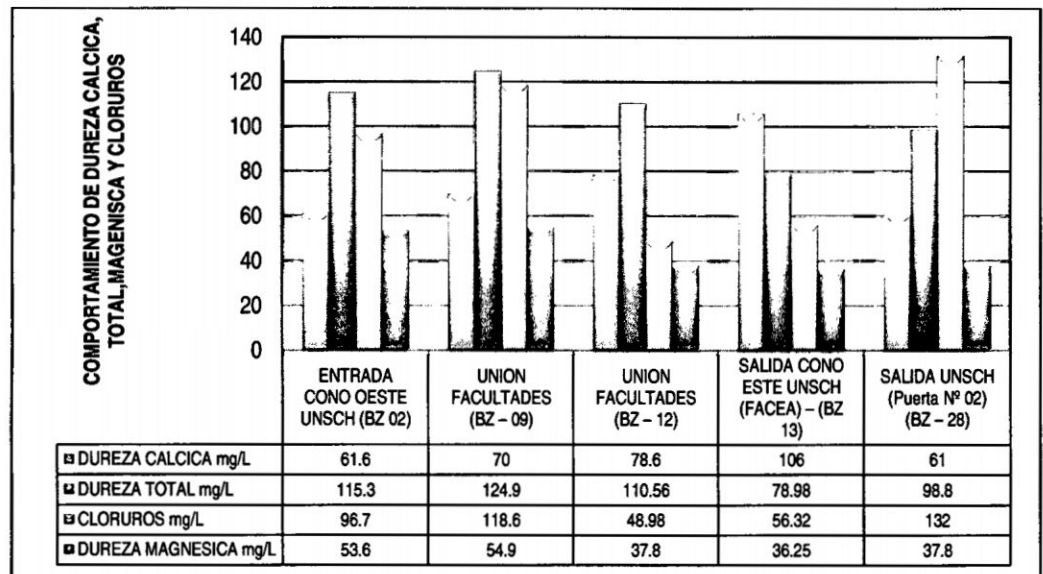
**Gráfico N° 3.6: Comportamiento de alcalinidad en las aguas residuales de los puntos de muestreo.**



Fuente: Elaboración Propia.

En cuanto a la Alcalinidad en los muestreos a la entrada del cono oeste (Bz - 02), salida del cono este (Bz - 13) de la ciudad universitaria mostraron valores altos entre 233 mg/L a 234 mg/L con respecto a los otras muestras que solo provienen solamente de la ciudad universitaria.

**Gráfico N° 3.7: Comportamiento de dureza y cloruros en las aguas residuales de los puntos de muestreo.**



Fuente: Elaboración Propia.

En el Gráfico N° 3.7, se tiene El valor en dureza calcica para las aguas residuales tuvo valores entre 60 mg/L a 79 mg/L, a excepcion de la salida del Cono Este UNSCH que tuvo una dureza calcia de 106 mg/L.

En cuanto a la dureza total , los valores altos que se reportaron fue en la Entrada del cono oeste (Bz - 02), la union de las facultades (Bz - 09) y la union de facultades (Bz -12) tal como se muesrta en la figura, mientras en la Salida Unsch (Puerta N° 02) (Bz - 28) se reporto valores bajos.

En la dureza magnesica, los valores estuvieron entre 37 mg/L a 53.6 mg/L, siempre resaltando las aguas que provienen de las afueras de la ciudad universitaria.

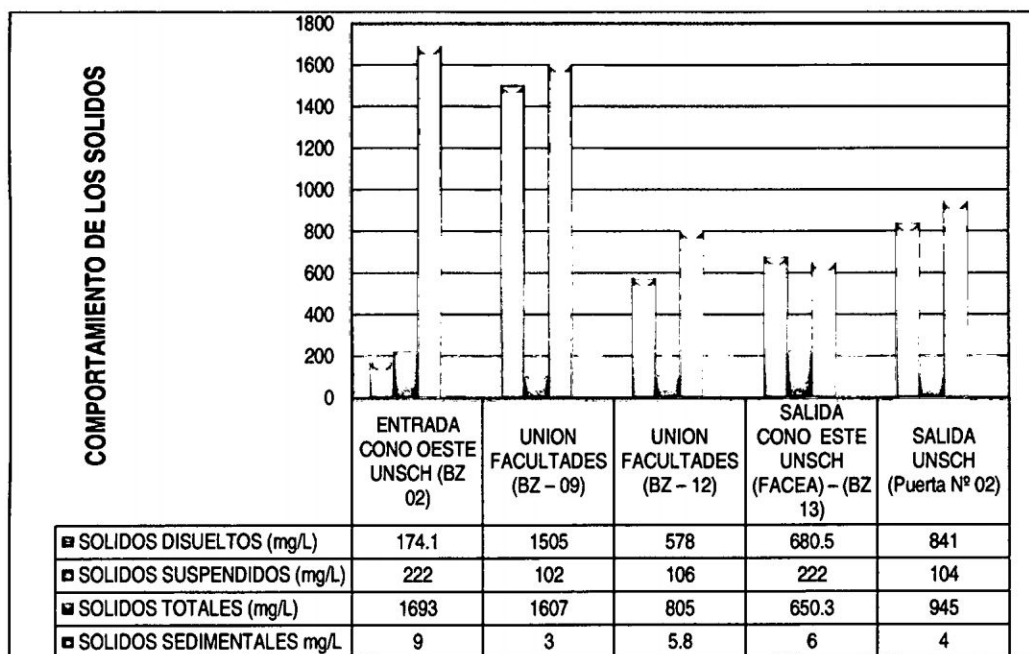
En concentracion de cloruros el valor mas notable es en la Union de facultades (Bz - 09) y en la Salida Unsch (Puerta N° 02) (Bz - 28); con 118.6 mg/L y 132 mg/L respectivamente, lo que indica que la concentracion de agua residual fue muy fuerte en estas uniones por lo que son porovenienten de los laboratorios.

**Cuadro N° 3.3: Resultados de los Sólidos Disueltos, suspendidos, totales y sedimentales, en aguas residuales generadas en la Ciudad Universitaria.**

PUNTO DE MUESTREO	SOLIDOS DISUELTOS	SOLIDOS SUSPENDIDOS	SOLIDOS TOTALES	SOLIDOS SEDIMENTALES
	(mg/L)	(mg/L)	(mg/L)	mg/L
ENTRADA CONO OESTE UNSCH (BZ 02)	174.1	222.0	1693.0	9.0
UNION FACULTADES (BZ - 09)	1505.0	102.0	1607.0	3.0
UNION FACULTADES (BZ - 12)	578.0	106.0	805.0	5.8
SALIDA CONO ESTE UNSCH (FACEA) - (BZ 13)	680.5	222.0	650.3	6.0
SALIDA UNSCH (Puerta N° 02)	841.0	104.0	945.0	4.0

Fuente: Elaboración Propia – Ensayo Laboratorio Facultad de Ciencias Biológicas

**Gráfico N° 3.8: Comportamiento de Concentraciones de sólidos en las aguas residuales de los puntos de muestreo.**



Fuente: Elaboración Propia.

En la zona de muestreo, las aguas residuales provenientes solamente de la Ciudad Universitaria fueron ligeramente claras con poca cantidad de sólidos disueltos y

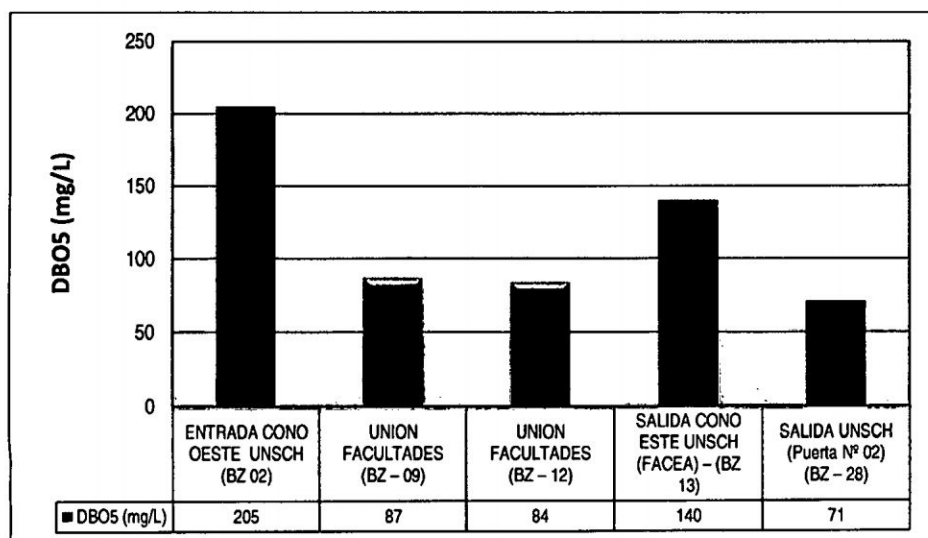
suspendidos, mientras que en las aguas provenientes del Cono Oeste (Bz – 02) que cruza por la ciudad universitaria tuvieron aguas residuales turbias con muchos solidos suspendidos y solidos disueltos.

**Cuadro N° 3.4: Resultados de la Demanda quimica de Oxigeno (DQO), Demanda Bioquimica de Oxigeno (DBO<sub>5</sub>).**

PUNTO DE MUESTREO	DBO <sub>5</sub>	DQO
	(mg/L)	(mg/L)
ENTRADA CONO OESTE UNSCH (BZ 02)	205.0	574.0
UNION FACULTADES (BZ – 09)	87.0	Parámetro no realizada
UNION FACULTADES (BZ – 12)	84.0	
SALIDA CONO ESTE UNSCH (FACEA) – (BZ 13)	140.0	
SALIDA UNSCH (Puerta N° 02) (BZ – 28)	71.0	84.0

Fuente: Elaboración Propia – Ensayo Laboratorio Facultad de Ciencias Biológicas – ENVIROLAB PERU SAC (Informe de Ensayo N° 805191)

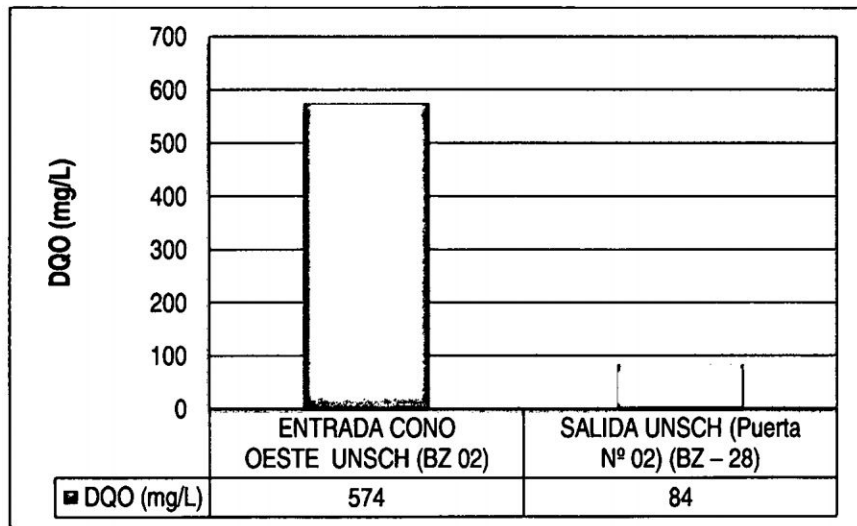
**Gráfico N° 3.9: Comportamiento de la DBO<sub>5</sub> en las aguas residuales de los puntos de muestreo.**



Fuente: Elaboración Propia.

El resultado del valor de la DBO a los cinco días, en la Entrada de Cono Oeste (Bz-02) y la Salida Cono Este (Bz – 13), mostro valores altos que oscilan entre 205 y 140 mg/L respectivamente, mientras provenientes de la ciudad universitaria se obtuvieron concentraciones bajas entre 71 a 87 mg/L.

**Gráfico N° 3.10: Comportamiento de la DQO en las aguas residuales de los puntos de muestreo.**



Fuente: Elaboración Propia.

Al realizar las características de las aguas residuales de la ciudad universitaria, se concluye como resultado, que estas son aguas residuales domésticas, por lo que se

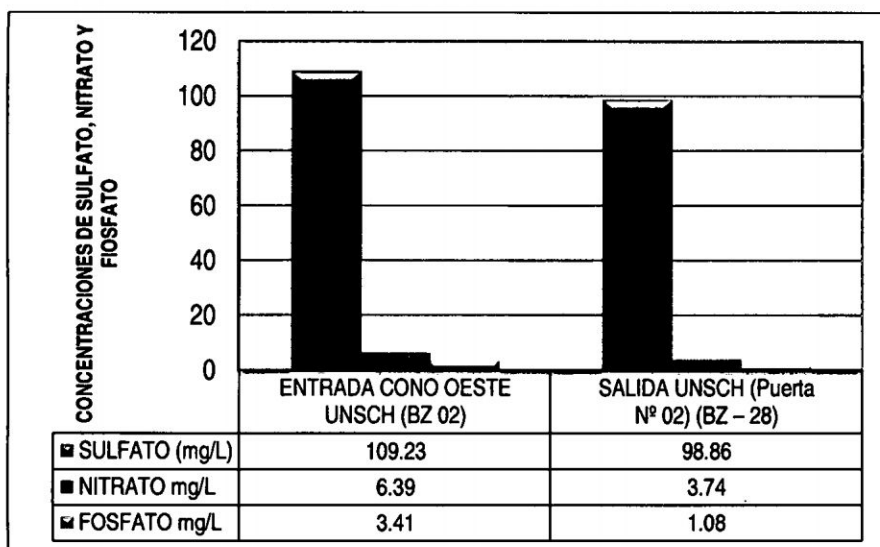
considera la relación de  $\frac{DBO}{DQO} = 0.5$

**Cuadro N° 3.5: Resultados de Sulfatos, nitratos, fosfatos, en aguas residuales generadas en la Ciudad Universitaria.**

PUNTO DE MUESTREO	SULFATO	NITRATO	FOSFATO
	(mg/L)	mg/L	mg/L
ENTRADA CONO OESTE UNSCH (BZ 02)	109.23	6.39	3.41
SALIDA UNSCH (Puerta N° 02) (BZ – 28)	98.86	3.74	1.08

Fuente: Elaboración Propia –ENVIROLAB PERU SAC (Informe de Ensayo N° 805191)

**Gráfico N° 3.11: Comportamiento del sulfato, nitrato y fosfato en las aguas residuales de los puntos de muestreo.**



Fuente: Elaboración Propia.

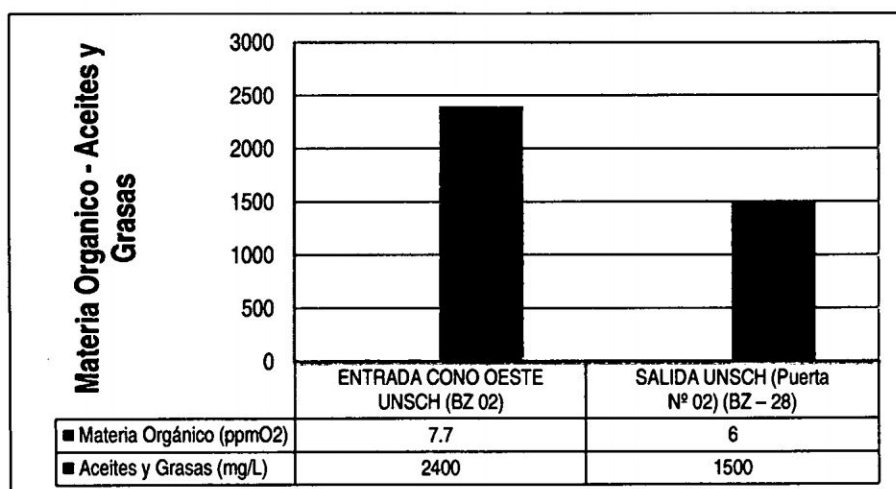
Los sulfatos de las aguas residuales de la Ciudad Universitaria se encontraron entre 109.23 mg/L y 98.86 mg/L, ya que en la Entrada del Cono Oeste (Bz – 02) y en la Salida UNSCH (puerta N° 02) (Bz – 28), reportaron valores altos, mientras en los fosfatos y nitratos se encuentran por debajo de los Límites Máximos Permisibles, lo que indica que las concentraciones obtenidas son muy bajas y se encuentran en los límites permisibles.

**Cuadro N° 3.6: Resultados de Materia Orgánica, Aceites y Grasas en aguas residuales generadas en la Ciudad Universitaria.**

PUNTO DE MUESTREO	Materia Orgánica (ppmO <sub>2</sub> )	Aceites y Grasas (mg/L)
ENTRADA CONO OESTE UNSCH (BZ 02)	7.7	2400.0
SALIDA UNSCH (Puerta N° 02) (BZ - 28)	6.0	1500.0

Fuente: Elaboración Propia –ENVIROLAB PERU SAC (Informe de Ensayo N° 805191)

**Gráfico N° 3.12: Comportamiento del Materia Orgánico y Aceites - Grasas en las aguas residuales de los puntos de muestreo.**



Fuente: Elaboración Propia.

El análisis de la materia orgánica se efectúa para evaluar la concentración y la composición general de la materia orgánica presente en el agua residual.

Es de mucha importancia saber la cantidad emergente de las aguas residuales en cuanto a los aceites. Y la muestra más notoria es en la Entrada de Cono Este (Bz - 02), y se encontró un valor de 2400 mg/L, mientras las aguas residuales provenientes

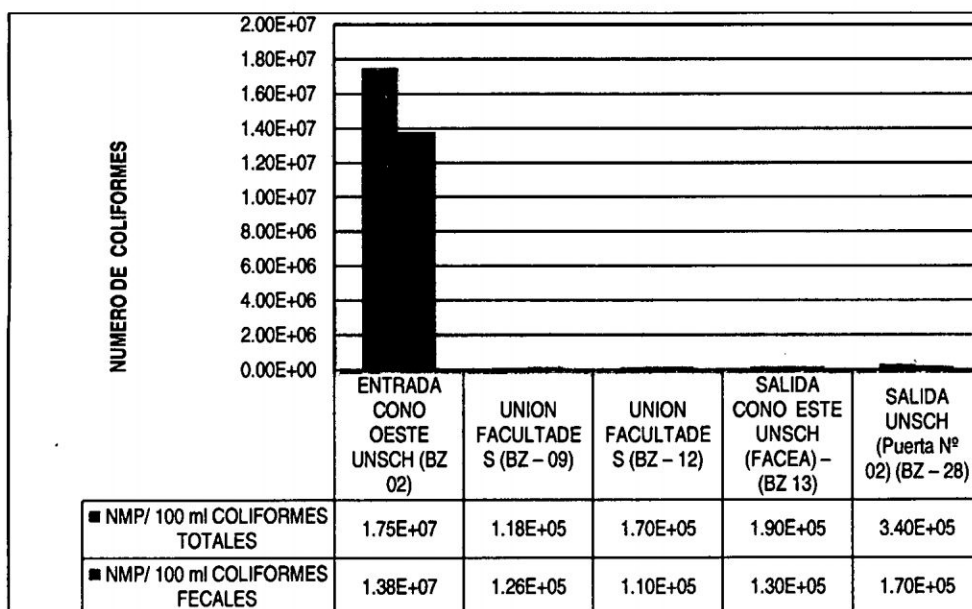
de la misma Ciudad Universitaria reporto 1500 mg/L, lo que indica que las concentraciones son muy altas.

**Cuadro N° 3.7: Resultados de numeros de coliformes fecales en aguas residuales generadas en la Ciudad Universitaria.**

PUNTO DE MUESTREO	NMP/ 100 ml	
	COLIFORMES	COLIFORMES
	TOTALES	FECALES
ENTRADA CONO OESTE UNSCH (BZ 02)	$1.75 \times 10^7$	$1.38 \times 10^7$
UNION FACULTADES (BZ - 09)	$1.18 \times 10^5$	$1.26 \times 10^5$
UNION FACULTADES (BZ - 12)	$1.7 \times 10^5$	$1.1 \times 10^5$
SALIDA CONO ESTE UNSCH (FACEA) - (BZ 13)	$1.9 \times 10^5$	$1.3 \times 10^5$
SALIDA UNSCH (Puerta N° 02) (BZ - 28)	$3.4 \times 10^5$	$1.7 \times 10^5$

Fuente: Elaboración Propia - Ensayo Laboratorio Facultad de Ciencias Biológicas

**Grafica N° 3.13: Comportamiento de los Coliformes en las aguas residuales de los puntos de muestreo.**



Fuente: Elaboración Propia.

A la Entrada del Cono Oeste de la ciudad universitaria el numero de coliformes totales y fecales reportan valores muy alto debido a que estas aguas provienen de las desagües domésticos y de los mercados, mientras que el numero de coliformes fecales de las aguas residuales generadas en la ciudad universitaria son bajas, esto varían en función al tiempo (Horario de clases y laboral).

**Cuadro N° 3.8: Resultados de las concentraciones de Metales (mg/L) en aguas residuales generadas en la Ciudad Universitaria.**

PARAMETROS QUIMICOS	UNIDAD	Entrada Cono Oeste UNSCH	SALIDA UNSCH (Puerta N° 02)
Arsénico	mg/L	0.008	0.007
boro	mg/L	0.3	0.2
Cadmio	mg/L	0.005	0.002
Cromo	mg/L	0.003	0.002
Cobre	mg/L	0.024	0.017
Potasio	mg/L	18.1	19.0
Magnesio	mg/L	3.65	2.78
Sodio	mg/L	55.3	38.7
Niquel	mg/L	0.004	0.001
Fosforo	mg/L	8.2	3.0
Plomo	mg/L	0.004	0.005
Selenio	mg/L	0.07	0.055
Estaño	mg/L	0.03	0.02
Zinc	mg/L	0.110	0.033

Fuente: Elaboración Propia –ENVIROLAB PERU SAC (Informe de Ensayo N° 805191)

Los parámetros químicos obtenidos es de mucha importancia para la calidad de riego, en cuanto a su toxicidad con respecto a las áreas verdes y plantas. Y se tendrá en cuenta si son tolerantes o sensibles.

### 3.1.4.2. CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS - BIOLÓGICO DE LAS AGUAS RESIDUALES.

Para el diseño de las unidades de tratamiento de las aguas residuales de esta tesis, utilizaremos como parámetro, los resultados de exámenes de laboratorio de aguas residuales, llevados a cabo en la ciudad de universitaria, ya que cuenta con servicio de alcantarillado sanitario y se tomara valores promedios de la muestras realizadas en los parámetros representativos. Los resultados de los análisis son presentados en el siguiente cuadro N° 3.9.

**Cuadro N° 3.9: Valores representativos de los Análisis de Laboratorio.**

Parámetro	Unidad	Valor
DBO <sub>5</sub>	mg/L	117.40
DQO	mg/L	329.0
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	2.87E+06
Coliformes Totales	NMP/100 ml	2.66E+06
Sólidos suspendidos totales	mg/L	1140.06
Aceites y Grasas	mg/L	1950.00
pH		7.32

Fuente: Elaboración Propia – Ensayo Laboratorio Facultad de Ciencias Biológicas – ENVIROLAB PERU SAC (Informe de Ensayo N° 805191).

De acuerdo al grado de remoción y eficiencia de cada fase de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales consideraremos el afluente como la descarga de aguas servidas y efluente el resultado final, para el reúso de estas aguas en las áreas verdes.

**Cuadro N° 3.10: Grado de Remoción de cada Fase de Tratamiento.**

PARÁMETRO	DESAGÜE (AFLUENTE)	PRELIMINAR	TRATAMIENTO PRIMARIO	TRAT. SECUNDARIO		VALOR	POSIB. REUSO
		CÁMARA DE REJAS	TANQUE IMOHF	FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE	FILTRO PERCOLADOR	EFLUENTE	
		DESARENADOR					
DBO (mg/L)	117.4	5%	35%	70%	95%	1.10	Ok
		111.53	73.05215	21.915645	1.09578225		
SST (mg/L)	1140.06	15%	50%	60%	95%	9.69	Ok
		969.051	484.5255	193.8102	9.69051		
CF (NMP/100 ml)	2.87E+06	-	30%	98%	99%	401.80	Ok
			2.01E+06	4.02E+04	4.02E+02		

Fuente: Elaboración Propia – Decreto Supremo N° 002 – 2008 - MINAM

En cuanto a la comparación de estos resultados con respecto a los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para agua, Clase III y IV (agua para riego), se tiene en el siguiente cuadro comparativo.

**Cuadro N° 3.11: Cuadro Comparativo entre LMP, Análisis de Laboratorio y Efluente final.**

Parámetro	Unidad	Límite Máximo Permisible (LMP)	Análisis de Laboratorio	Resultado final de acuerdo a su eficiencia de la PTAR.
DBO <sub>5</sub>	mg/L	15.0	117.40	1.10
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1000.0	2.87E+06	401.80
SST	mg/L	150.0	1140.06	9.69

Fuente: Elaboración Propia – Decreto Supremo N° 002 – 2008 - MINAM

En el cuadro N° 3.11, se observa que los efluentes del resultado final están por debajo de los Límites Máximo Permisible, por tanto es admisible para el uso de riego de las áreas verdes.

### **3.1.4.3. TRATAMIENTO PRELIMINAR**

Este tratamiento consiste en una serie de procesos físicos, los cuales tienen el objetivo de acondicionar las características del agua, de forma tal que no causen problemas de operación y funcionamiento a las siguientes etapas. La utilidad que esta presenta es la de remover los sólidos gruesos, arenas y gravillas; así como también minimizar los efectos negativos al tratamiento. Dentro de las unidades más importantes son los que se detallan a continuación:

- Canal de entrada
- Cámara de rejas
- Desarenador

#### **a. CANAL DE ENTRADA**

El canal de acceso o de entrada, es la estructura en la cual descarga la tubería del colector de conducción en la planta. Se propone un canal de conducción a cielo abierto y con sección rectangular del mismo ancho de la tubería de llegada, esto con el fin de mantener constantes la velocidad y el tirante del agua. La longitud del canal de acceso no necesariamente habrá de ser calculada pero habrá de ser suficiente para dar cabida a la basura que se aglomere en las rejillas.

**Canal de entrada  $\varnothing = 8$  pulgadas = 25 cm.**

Velocidad = 0.30 - 0.60 m/s. (Velocidad de aproximación propuesta por RNE)

**Por continuidad:**

$$Q = V.A$$

De ecuación de Continuidad se despeja "A" y sustituyendo el valor de caudal máximo horario calculado, se obtiene:

$$A = \frac{Q}{V}$$
$$A = \frac{0.0544 \text{ m}^3/\text{s}}{0.60 \text{ m/s}}$$
$$A = 0.090 \text{ m}^2$$

Se asume un ancho de canal de  $b = 0.30$  mts.

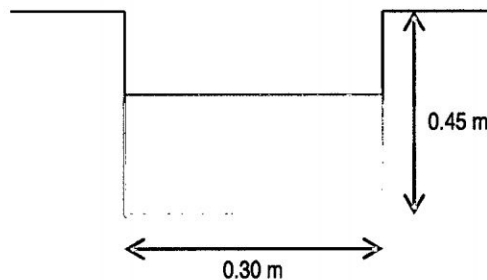
$$A = Y * b$$

Dónde:

- Y: es la tirante o profundidad del flujo.

$$Y = \frac{A}{b}$$
$$Y = \frac{0.090 \text{ m}^2}{0.30 \text{ m}}$$
$$Y = 0.30 \text{ m}$$

$Y = 30.0$  cm y se considerara 15 cm adicionales para que no trabaje a canal lleno, por tanto  $Y = 45.0$  cm.



**Figura N° 3.2: Detalle de Sección Transversal de Canal de Entrada**

## b. CAMARA DE REJAS

El primer paso en el tratamiento preliminar del agua residual consiste en la separación de los sólidos gruesos. El procedimiento más corriente, es hacer pasar el agua residual influente a través de rejas o tamices. Se puede utilizar también triturador, que reducen a partículas diminutas los sólidos gruesos, pero sin separarlos del agua.

En los procesos de tratamiento de agua residual, las rejas se utilizan para proteger bombas, válvulas, tuberías y otros elementos, contra los posibles daños e obstrucciones provocadas por la presencia de objetos extraños de gran tamaño.

### Criterios de diseño

Según el Cuadro N° 1.12. Parámetros de Diseño de Cámara de Rejas, se calculara los parámetros establecidos como el ancho, largo y altura.

#### a) Calculo del área efectiva (A<sub>u</sub>):

$$A_u = \frac{Q_{\text{max horario}} (\text{m}^3/\text{s})}{V_{\text{reja obstruida}} (\text{m/s})}$$

Para una velocidad entre rejas (V<sub>r</sub>) de 0.6m/s (NT. S.010)

$$A_u = \frac{0.0544 \text{ m}^3/\text{s}}{0.60 \text{ m/s}} = 0.091\text{m}^2$$

#### b). Calculo de Eficiencia (%E):

$$E = \frac{a}{a + e}$$

Dónde:

- e: Espesor de barras propuestas < 5-15 > (1/4" = 10 mm)
- a: Separación libre entre cada barra < 25- 50 > (1" = 25 mm)

$$E = \frac{25 \text{ mm}}{25 \text{ mm} + 10 \text{ mm}}$$

$$E = 0.714 \approx 71.4\%$$

**c) Área del caudal a nivel del agua (S):**

Dónde:  $S = \frac{Au}{E}$

- Au: Área efectiva
- E: % de eficiencia

$$S = \frac{0.081 \text{ m}^2}{0.714}$$

$$S = 0.113 \text{ m}^2$$

**d) Calculo de la Tirante (y)**

$$y = \frac{S}{a}$$

Dónde:

- S: Área del caudal a nivel del agua
- a: Ancho del canal de entrada a considerar (0.30 m)

$$y = \frac{0.113 \text{ m}^2}{0.30 \text{ m}}$$

$$y = 0.378 \text{ m} \approx 37.8 \text{ cm} \approx 40.0 \text{ cm}$$

**e) Área total de la cámara rejás**

$$At = \frac{Q_{\max \text{ hor}} * Tr}{\text{Tirante (y)}}$$

Dónde:

- At: Área total
- Qmax hor: Caudal máximo horario
- Tr: Tiempo de retención (10 seg)
- y: Tirante

$$At = \frac{0.0544 \text{ m}^3/\text{s} * 10 \text{ s}}{0.40 \text{ m}}$$

$$At = 1.22 \text{ m}^2$$

**f). Longitud de la Cámara Rejas**

Dónde:  $L = \frac{At}{a}$

- At: Área del caudal a nivel del agua
- a: Ancho del canal de entrada

$$L = \frac{1.22 \text{ m}^2}{0.30}$$

$$L = 4.05 \text{ m} \approx 4.00 \text{ m}$$

**g). Nivel máximo de agua en la cámara de rejás (dmax)**

$$d_{\max} = \frac{Q_{\max \text{ horario}}}{V.B}$$

Dónde:

- Q<sub>max</sub> horario: Caudal Máximo horario
- V: velocidad a través de reja limpia
- B: Ancho de canal para rejas

$$d_{\max} = \frac{0.0486 \text{ m}^3/\text{s}}{0.60 \text{ m/s} \times 0.30 \text{ m}}$$

$$d_{\max} = 0.27 \text{ m} \approx 27 \text{ cm}$$

**h). La longitud sumergida de la reja (L<sub>S</sub>) será:**

$$L_s = \frac{d_{\max}}{\sin \theta}$$

Dónde:

- d<sub>max</sub>: nivel máximo de agua
- Angulo de inclinación de las barras (60°) 0.866

$$L_s = \frac{0.27 \text{ m}}{\sin(60^\circ)}$$

$$L_s = 0.32 \text{ m}$$

**Sí N° = Número de barras que conforman la reja, entonces:**

$$N^\circ = \frac{(B - a)}{(a + e)}$$

Dónde:

- B: Ancho de canal para rejas (0.30 m)
- e: Espesor de barras propuestas < 5-15 > (1/4" = 10 mm)
- a: Separación libre entre cada barra < 25- 50 > (1" = 25 mm)
-

$$N^{\circ} = \frac{(300\text{mm} - 25\text{mm})}{(25\text{mm} + 10\text{mm})}$$

$$N^{\circ} = 7.85 \text{ barras} \cong 8.0$$

**i) Para el cálculo del radio hidráulico (R) se tiene:**

$$R = \frac{B \times d_{\text{max}}}{B + 2d_{\text{max}}}$$

Dónde:

- B: Ancho de canal para rejas
- d<sub>max</sub>: nivel máximo de agua

$$R = \frac{0.30 \text{ m} \times 0.11 \text{ m}}{0.30 \text{ m} + 2(0.11 \text{ m})}$$

$$R = \frac{0.30 \text{ m} \times 0.11 \text{ m}}{0.30 \text{ m} + 2(0.11 \text{ m})}$$

$$R = 0.063 \text{ m}$$

**j) Pendiente de la plantilla del canal (S)**

De Cheezy – Manning 
$$v = \left( \frac{1}{n} \right) \left( R^{\frac{2}{3}} \right) \cdot \left( S^{\frac{1}{2}} \right)$$

Dónde:

- V = Velocidad de reja limpia = 0.3 m/seg.
- n = Coeficiente de rugosidad, para concreto = 0.013
- S = Pendiente
- R = Radio Hidráulico

De la ecuación de Cheezy – Manning se obtiene:

$$S = \left( \frac{V.n}{R^{2/3}} \right)^2$$

$$S = \left( \frac{0.3 \times 0.013}{0.063^{2/3}} \right)^2$$

$$S = 0.06 \%$$

Analizando el valor obtenido para la pendiente en el canal de rejjas, se concluye que este es casi plano, debido a que la pendiente (S), es casi cero.

**k). Velocidad de aproximación  $V_a$  (0.3 - 0.6 m/s) (NT. S.010)**

$$V_a = V_r \times E$$

Dónde:

- $V_a$  = Velocidad de aproximación
- $V_r$  = Velocidad de reja
- E: Eficiencia

$$V_a = 0.6\text{m/s} \times 0.714$$

$$V_a = 0.43\text{m/s}$$

**l). Calculo de perdida de carga con 50% de ensuciamiento Velocidad con 50% de colmatación.**

$$V_b = 2 \times V_r$$

Dónde:

- $V_b$  = Velocidad con colmatación
- $V_r$  = Velocidad de rejjas

$$V_b = 2 \times 0.6 \text{ m/s}$$

$$V_b = 1.2 \text{ m/s}$$

**m). Pérdida de carga**

$$H_f = \frac{1}{0.7} \times \left( \frac{V_b^2 - V_a^2}{2g} \right)$$

Dónde:

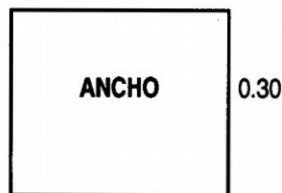
- $H_f$  = Pérdida de carga
- $V_b$  = Velocidad con colmatación
- $V_a$  = Velocidad de aproximación
- $g$  = gravedad

$$H_f = \frac{1}{0.7} \times \left( \frac{(1.2 \text{ m/s})^2 - (0.43 \text{ m/s})^2}{2(9.81 \text{ m/s}^2)} \right)$$

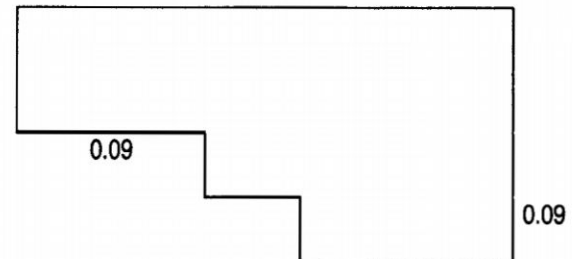
$$H_f = 0.0913 \text{ m}$$

**VISTA EN PLANTA**

4.00



LONGITUD 4.00



**Figura N° 3.3: Vista en planta y perfil de la Cámara de Rejas.**

### c. DESARENADOR

Seguidamente después de la rejilla, se instala un canal desarenador, con el objeto de retener las arenas y otros materiales inertes que son arrastrados por el agua residual, evitando así daños en las siguientes etapas del tratamiento, del mismo modo se presentan los cálculos para su respectivo diseño.

#### **Criterios de diseño**

Según el Cuadro N° 1.13. Parámetros de Diseño de Cámara de Rejas, se calculara los parámetros establecidos como el ancho, largo y altura.

Para el diseño de desarenadores que por lo general se utiliza para remover partículas de gravedad específica de 2.65. Para el diseño del desarenador, con el objetivo conseguir una velocidad constante, es necesario que la sección de control sea rectangular y con pendiente uniforme.

En la práctica se pueden tomar como base los datos válidos en sedimentación libre para, partículas de arena de densidad 2,65, temperatura del agua de 15,5°C y eliminación del 90%. Si el peso de la arena es sustancialmente menor de 2,65 deben usarse velocidades de sedimentación inferiores, tal como se muestra en el cuadro N° 3.12.

**Cuadro N° 3.12: Diámetro de Partículas y su respectiva velocidad.**

<b>Diámetro de las partículas eliminadas</b>	<b>Velocidad de sedimentación</b>
0,150 mm	40-50 m/h
0,200 mm	65-75 m/h
0,250 mm	85-95 m/h
0,300 mm	105-120 m/h

Fuente: RNE. OS.090. Planta de tratamiento de aguas residuales.

**a) Velocidad de sedimentación de las partículas  $d_s = 0.2\text{mm}$**

$$V_s = \frac{g (P_s - P) d^2}{18u}$$

Dónde:

- g: Gravedad ( $9.81 \text{ m/s}^2$ )
- $P_s$ : Peso específico de la partícula arenas ( $2.65 \text{ Tn/m}^3$ )
- P: Peso específico del fluido ( $1.1 \text{ Tn/m}^3$ )
- d: Diámetro de las partículas ( $0.2 \text{ mm}$ )
- u: Viscosidad cinemática del fluido ( $0.01112 \text{ cm}^2/\text{seg}$ )

$$V_s = \frac{981 \text{ cm/s}^2 (2.65 \text{ Tn/m}^3 - 1.1 \text{ Tn/m}^3) (0.02 \text{ cm})^2}{18(0.01112 \text{ cm}^2/\text{seg})}$$

$$V_s = 3.0387 \text{ cm/s}$$

**b) Periodo de retención**

$$T_r = \frac{GR * H}{V_s}$$

Dónde:

- GR: Grado de Remoción y Grado de Desarenador ( $75\%$ ; 3)
- H: Profundidad (La profundidad a considerar es  $100 \text{ cm}$ )
- $V_s$ : Velocidad de Sedimentación

$$T_r = \frac{3 * 100 \text{ cm}}{3.0387 \text{ cm/s}}$$

$$T_r = 98.72 \text{ s}$$

**c) Volumen del Desarenador:**

$$V = T_r * Q$$

Dónde:

- Tr: Tiempo de retención.
- Q: Caudal máximo horario

$$V = 98.72 \text{ s} \times 0.0486 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 4.797 \text{ m}^3$$

**d) Área del Desarenador:**

$$A_d = \frac{V}{H}$$

Dónde:

- $A_d$ : área del Desarenador
- H: Profundidad Útil (1 m)

$$A_d = \frac{4.797 \text{ m}^3}{1 \text{ m}}$$

$$A_d = 4.797 \text{ m}^2$$

**e) Ancho del Desarenador:**

$$B = \sqrt{\frac{A_d}{X}}$$

Dónde:

- $A_d$ : Tiempo de retención.
- X: Relación de Largo – Ancho (4:1)

$$B = \sqrt{\frac{4.797 \text{ m}^2}{4}}$$

$$B = 1.10 \text{ m}$$

**f) Largo del desarenador:**

$$L = X * B$$

Dónde:

- B: Ancho del desarenador
- X: Relación de Largo - Ancho

$$L = 4 * 1.10\text{m}$$

$$L = 4.40\text{m}$$

**g). Longitud adicional por turbulencia:**

$$La = 0.25L$$

Dónde:

- La = longitud adicional por turbulencia (m)
- V = Longitud del desarenador (m)

$$La = 0.25 * 4.40\text{m}$$

$$La = 1.10\text{m}$$

**h). Cálculo de volumen de arena depositada en el canal desarenador (m<sup>3</sup>/día):**

Se estima que el **volumen retenido de arena** será de 30 lt = 0.03m<sup>3</sup> por cada 1000 m<sup>3</sup> de agua.

$$V_{\text{Arena}} = \frac{((\text{Volumen retenido}) * (\text{Caudal maximo diario}))}{1000}$$

$$V_{\text{Arena}} = \frac{(0.03 \text{ m}^3) * (3390.34 \text{ m}^3/\text{día})}{1000}$$

$$V_{\text{Arena}} = 0.10 \text{ m}^3/\text{día}$$

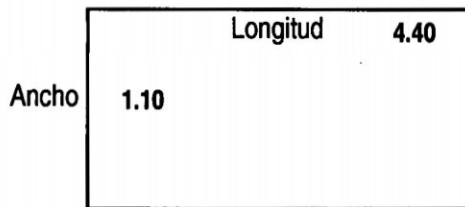
Previendo su retiro o limpieza cada 5 días se determina la altura que se profundizara el fondo de las cajas para el almacenamiento de la arena.

$$h = \frac{5 \text{ Vol arena}}{b.L}$$

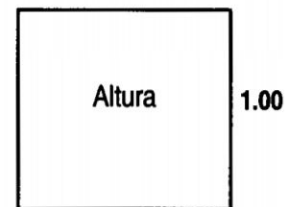
$$h = \frac{5 \times 0.10 \text{m}^3}{1.10 \times 4.40 \text{m}^2}$$

$$h = 10.3 \text{cm}$$

**Vista en Planta**



**Vista en Perfil**



**Figura N° 3.4: Vista en Planta y Perfil del Desarenador.**

#### **3.1.4.4. TRATAMIENTO PRIMARIO**

La segunda etapa del tratamiento consiste en la remoción de los sólidos sedimentables que el agua residual transporta, disminuyendo así la carga orgánica del agua a través de los procesos físicos. Dentro de las unidades más importantes a considerar en el proyecto es el Tanque Imhoff.

##### **a. TANQUE IMHOFF.**

###### **Criterios de diseño**

Según el Cuadro N° 1.14. Parámetros de Diseño del Tanque Imhoff, se calculara los parámetros establecidos como el ancho, largo y altura.

###### **A) Diseño del tanque sedimentador:**

El área requerida para el proceso de sedimentación se determinara con una carga superficial de  $1 \text{m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ , calculado en base al caudal medio.

✓ **Caudal de diseño, m<sup>3</sup>/hora**

Esto se verificara con el consumo por años.

$$Q_m = \frac{\text{Poblacion} * \text{Dotacion}}{1000} * \% \text{Contribucion}$$

Dónde:

- Q<sub>m</sub>: Caudal medio diario de aguas residuales
- % de contribución (60% – 80%)
- Dotación; en litro/hab/día

$$Q_m = \frac{16,831 * 50 \text{lt/día}}{1000} * 80\%$$

$$Q_m = 673.24 \text{ m}^3/\text{día}$$

$$Q_m = 28.05 \text{ m}^3/\text{hora}$$

✓ **Área superficial del Sedimentador**

$$A_s = \frac{Q_{\text{medio diario}}}{C_s}$$

Dónde:

- C<sub>s</sub> = Carga superficial, igual a 1 m<sup>3</sup>/(m<sup>2</sup>\*hora)

$$A_s = \frac{28.05 \text{ m}^3/\text{hora}}{1 \text{ m}^3/(\text{m}^2 * \text{hr})}$$

$$A_s = 28.05 \text{ m}^2$$

Proponiendo una relación de largo/ancho de 4 a 1, se calcula el largo y ancho del tanque:

$$\frac{L}{\text{Ancho}} = 4$$

$$As = 4 \text{ Ancho}^2$$

$$28.05 \text{ m}^2 = 4A^2$$

$$A = 2.65 \text{ m}$$

$$L = 4A$$

$$L = 4 \times 2.65 \text{ m}$$

$$L = 10.60 \text{ m}$$

✓ **Volumen del Sedimentador**

$$Vs = Q_{\text{medio diario}} \times R$$

Dónde:

- R: Periodo de retención hidráulica, entre 1,5 a 2,5 horas (recomendable 2 horas).

$$Vs = 28.05 \text{ m}^3/\text{h} \times 2 \text{ h}$$

$$Vs = 56.1 \text{ m}^3$$

- El fondo del tanque será de sección transversal en forma de V y la pendiente de los lados respecto a la horizontal tendrá de 50° a 60°, calculando la altura  $h_1$ .

$$\text{tag}(60^\circ) = \frac{h_1}{A/2}$$

$$\sqrt{3} = \frac{h_1}{2.65/2}$$

$$h_1 = 2.30 \text{ m}$$

$$A_1 = \frac{b \times h_1}{2}$$

$$A_1 = \frac{2.65 \times 2.30}{2}$$

$$A_1 = 3.0 \text{ m}$$

- Calculando la altura  $h_2$ .

$$h_2 = \frac{\left[ V_s - \left( \frac{\text{Ancho} \times h_1 \times \text{Largo}}{2} \right) \right]}{\text{Largo} \times \text{Ancho}}$$

$$h_2 = \frac{\left[ 56.1 \text{ m}^3 - \left( \frac{2.65 \times 2.30 \times 10.60}{2} \right) \right]}{10.60 \times 2.30}$$

$$h_2 = \frac{23.64 \text{ m}^3}{24.49 \text{ m}^2} = 0.97 \text{ m} \cong 1.00 \text{ m}$$

- Los bordes según el RNE, se debe considerar de 15 – 30 cm, por lo tanto consideraremos  $B = 0.30 \text{ m}$ .
- Espesor de Paredes del Sedimentador, según las normas consideraremos  $E = 0.20 \text{ m}$

#### Por tanto la altura del Sedimentador ( $H_B$ )

$$H_B = h_1 + h_2 + B$$

$$H_B = 2.30 + 1.0 + 0.30$$

$$H_B = 3.60 \text{ m}$$

- ✓ **Longitud mínima del vertedero de salida ( $L_v$ , en m).**

$$L_v = \frac{Q_{\text{maximo diario}}}{Ch_v}$$

Dónde:

- $Q_{\text{max}}$ : Caudal máximo diario de diseño, en  $\text{m}^3/\text{día}$ .
- $Ch_v$ : Carga hidráulica sobre el vertedero, estará entre 125 a 500  $\text{m}^3/(\text{m} \cdot \text{día})$ , (recomendable 250).

$$Lv = \frac{673.24 \text{ m}^3/\text{dia}}{250 \text{ m}^3/\text{m} \cdot \text{dia}}$$

$$Lv = 2.69 \text{ m}$$

✓ **Velocidad de arrastre.**

Es para evitar la resuspension de las partículas sedimentadas, las velocidades horizontales a lo largo del tanque deben mantenerse lo suficientemente bajas.

$$V_A = \left[ \frac{8k(s-1)gd}{f} \right]^{0.5}$$

Dónde:

- $V_A$  = Velocidad horizontal a la cual se inicia el arrastre de partículas
- $K$  = constante que depende del material arrastrado = 0.05
- $s$  = Peso específica de las partículas = 1.25
- $d$  = Diámetro de las partículas = 0.003
- $f$  = Factor de fricción de Darcy Weisbach = 0.025
- $g$  = Aceleración de la gravedad = 9.81 m/s<sup>2</sup>

$$V_A = \left[ \frac{8 \times (1.25 - 1) \times 9.81 \times 0.003}{0.025} \right]^{0.5}$$

$$V_A = 0.34 \text{ m/s}$$

**B) Diseño del digestor**

✓ **Volumen de almacenamiento y digestión ( $V_d$ , en m<sup>3</sup>).**

Para el compartimiento de almacenamiento y digestión de lodos (cámara inferior) se tendrá en cuenta la siguiente tabla:

**Cuadro N° 3.13: Parámetros Temperatura – Factor de Capacidad Relativa.**

Temperatura °C	Factor de Capacidad Relativa (fcr)
5	2.0
10	1.4
15	1.0
20	0.7
>25	0.5

Fuente: RNE. OS.090. Planta de tratamiento de aguas residuales.

Para el compartimiento de almacenamiento y digestión de lodos (cámara inferior) se tendrá en cuenta el Cuadro N° 3.13:

$$V_d = \frac{70 \times P \times fcr}{1000}$$

Dónde:

- fcr : factor de capacidad relativa (10 °C)
- P : Población.

$$V_d = \frac{70 \times 16,831 \times 1.4}{1000}$$

$$V_d = 1649.43 \text{ m}^3$$

- ✓ **Ancho Superficial Total (Ast)**, según la norma se recomienda de 1.00, por consiguiente se considera 2 cámaras, para una mejor ventilación de las aguas residuales.

$$A_{st} = N^{\circ} CS \times A + (N^{\circ} CS)^2 \cdot Eps + (N^{\circ} CS + 1) \cdot Av$$

Dónde:

- **Ast**: Ancho Superficial Total
- **N° CS**: Numero de Cámaras de Sedimentador

- **A:** Ancho del Sedimentador
- **Eps:** Espesor de las paredes del sedimentador
- **Av:** Ancho de la ventilación

$$A_{st} = 1 \times 2.65 + (1)^2 * 2 * 0.20 + (1+1) * 1$$

$$A_{st} = 5.05 \text{ m}$$

✓ **Área de la superficie total:**

$$A_{\text{Superf. Total}} = (N^{\circ} \text{CS} \times A + (N^{\circ} \text{CS})^2 * \text{Eps} + (N^{\circ} \text{CS} + 1) * \text{Av}) * L_s$$

Dónde:

- **N° CS:** Numero de Cámaras de Sedimentador
- **A:** Ancho del Sedimentador
- **Eps:** Espesor de las paredes del sedimentador
- **Av:** Ancho de la ventilación
- **Ls:** Largo del sedimentador

$$A_{\text{superf. Total}} = (1 \times 2.65 + (1)^2 * 2 * 0.20 + (1+1) * 1) * 10.60$$

$$A_{\text{superf. Total}} = 53.53 \text{ m}^2$$

✓ **Área de la ventilación (A<sub>vent.</sub>)**

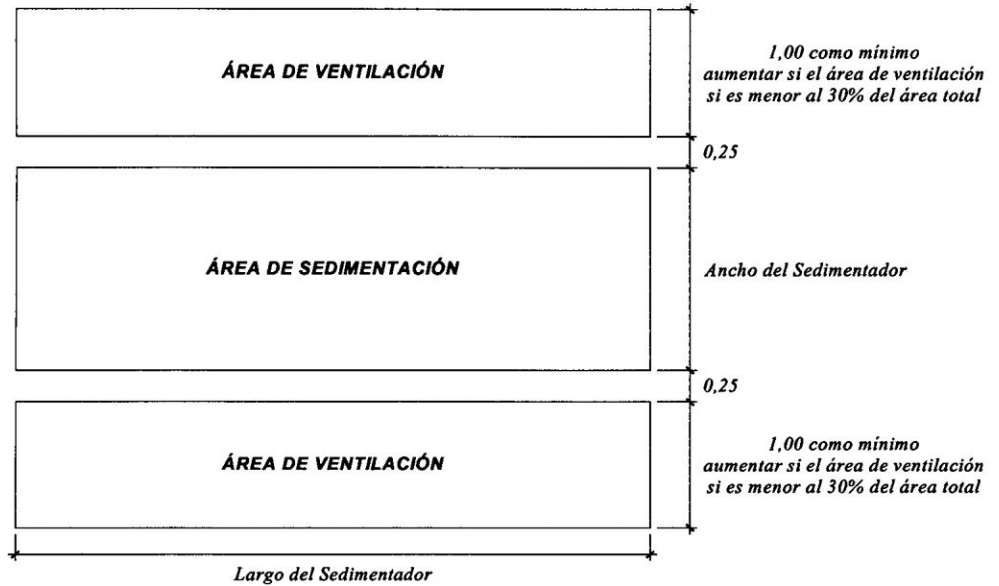
$$A_{\text{Vent.}} = (1 + N^{\circ} \text{CS}) * \text{Av} * L_s$$

Dónde:

- **N° CS:** Numero de Cámaras de Sedimentador
- **Av:** Ancho de la ventilación
- **Ls:** Largo del Sedimentador

$$A_{Vent.} = (1+1) \cdot 1 \cdot 10.60$$

$$A_{Vent.} = 21.2 \text{ m}^2$$



**Figura N° 3.5: Área de Ventilación del Tanque Imhoff**

$$\frac{A_{Vent.}}{A_{superf.Total}} \times 100 = \frac{21.2}{53.53} \times 100 = 39.6\%$$

- Las paredes laterales de esta tolva tendrán una inclinación de 15° a 30° con respecto a la horizontal.

$$\text{tag}(30^\circ) = \frac{h_1}{A_v/2}$$

$$1.44 \text{ m} = \frac{h_1}{5.05/2}$$

$$h_1 = 1.44 \text{ m}$$

Se sabe que el volumen del digestor es 1649.43 m<sup>3</sup>.

$$V_1 + V_2 = 1649.43$$

$$V_1 = \frac{1}{3} \times h_1 \times A_{st} \times L_s$$

$$V_1 = \frac{1}{3} \times 1.44 \times 5.05 \times 10.60$$

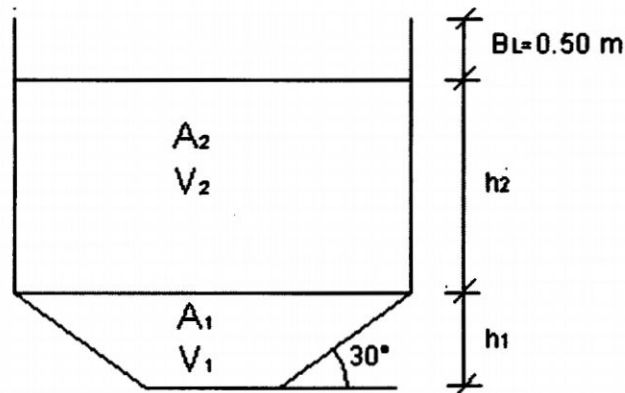
$$V_1 = 25.69 \text{ m}^3$$

Reemplazando en la ecuación 1 se tiene:

$$25.69 \text{ m}^3 + V_2 = 1649.43 \text{ m}^3$$

$$25.69 \text{ m}^3 + 5.05 \times 10.60 \times h_2 = 1649.43 \text{ m}^3$$

$$h_2 = 30.33 \text{ m}$$



**Figura N° 3.6: Altura total del Tanque Imhoff.**

- Por ser una altura muy elevada, los tanques Imhoff suelen tener alturas no tan elevadas, con el fin de remover la carga orgánica, y a su facilidad de su proceso constructivo, para ello consideraremos una altura de  $h_2 = 8.0 \text{ m}$ .
- El fondo de la cámara de digestión tendrá la forma de un tronco de pirámide invertida (tolva de lodos), para facilitar el retiro de los lodos digeridos.

- La altura máxima de los lodos deberá estar 0,50 m por debajo del fondo del sedimentador.

Por tanto la altura total del tanque (H): Altura de la Tolva de Lodos ( $h_1$ ) +  
 Altura de la cámara de digestión ( $h_2$ ) + Borde Libre: H:  $h_1 + h_2 + B$

$$H: 1.44 + 8.0 + 0.30$$

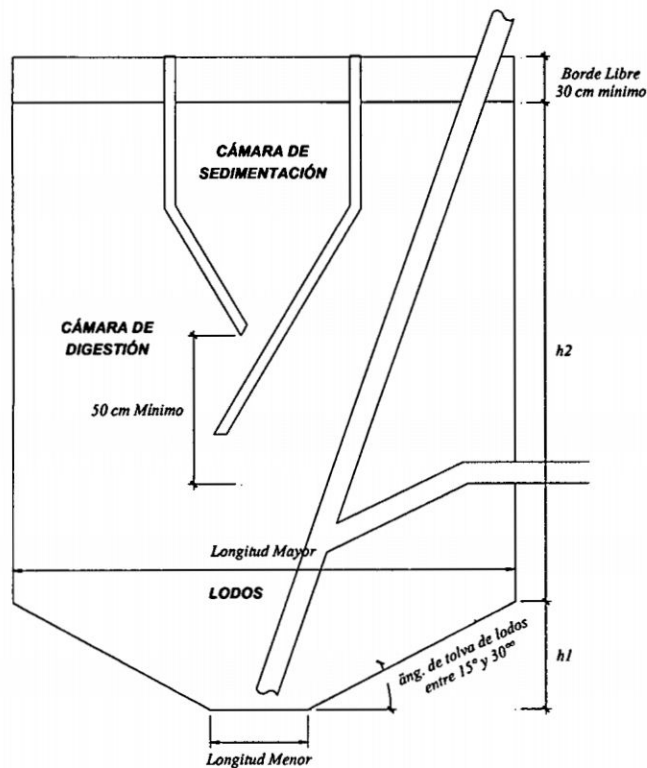
$$H= 9.74 \text{ m}$$

En el cuadro N° 3.14, se observa el resumen de las dimensiones del tanque Imhoff.

**Cuadro N° 3.14: Resumen de las dimensiones del tanque Imhoff**

RESUMEN			
Descripción	Ancho	Largo	Altura
Sedimentador	2.65	10.60	3.60
Tanque	5.05	10.60	9.74

Fuente: Elaboración Propia.



**Figura N° 3.7: Forma geométrica del Tanque Imhoff.**

**C) Calculo de las tasas de remoción de DBO y SST a caudales medio y máximo.**

Información habitual a cerca de la eficiencia en la remoción de DBO y SST en tanques de sedimentación primaria, como función de la concentración afluente y el tiempo de retención usando la siguiente expresión:

$$R = \frac{t}{a + bt}$$

Dónde:

- R = % de remoción esperado.
- t = Tiempo nominal de retención (en horas)
- a, b = Constantes empíricas.

Las constantes empíricas de la ecuación se toman los siguientes valores a una temperatura de 20 °C.

**Cuadro N° 3.15. Constantes Empíricas.**

Variable	a,h	b
DBO	0.018	0.020
SST	0.0075	0.014

Fuente: Norma RNE. OS.090

- Calculando la remoción de la DBO.

$$R = \frac{t}{a + bt}$$

$$R = \frac{2}{0.018 + 0.020 * 2} = 34.48\%$$

- Calculando la remoción de la SST

$$R = \frac{t}{a + bt}$$

$$R = \frac{2}{0.0075 + 0.014 * 2} = 56.34 \%$$

Los tanques Imhoff son capaces de remover entre un 30 a un 60% de los sólidos totales en suspensión (SST) y de reducir la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) entre 25 a 35%, los tanques Imhoff diseñado estará removiendo un 56.34% y un 34.5% respectivamente.

#### **3.1.4.5. TRATAMIENTO SECUNDARIO**

Es la tercera etapa del tratamiento consiste en la eliminación de los sólidos en suspensión y de los compuestos orgánicos biodegradables, aunque a menudo se incluye la desinfección, consigue eliminar hasta un 85 – 95% de la DBO y de los sólidos en suspensión, y la mayor parte de los metales pesados incluye los siguientes sistemas. Dentro de las unidades más importantes a considerar en el proyecto es:

- Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente (FAFA)
- Filtro Percolador Biológico

##### **A. FILTRO ANAEROBIO DE FLUJO ASCENDENTE (FAFA).**

El efluente del Tanque Imhoff pasa a través de una tubería de 6" de diámetro hacia el fondo del filtro anaerobio de flujo ascendente (FAFA) cuyo dimensionamiento se presenta a continuación:

##### **Parámetros de diseño:**

Los sistemas de tratamiento de aguas residuales como Filtros Anaerobios de Flujo Ascendente generalmente se diseñan en función del tiempo de retención (Tr), el cual depende del caudal y varía en cuanto a las cargas de contaminantes del

agua residual del influente y de la eficiencia que se quiere obtener luego de dicho tratamiento.

Según el Cuadro N° 1.18. Parámetros de Diseño del Filtro Anaerobio del Flujo Ascendente, se calculara los parámetros establecidos como el ancho, largo y altura.

**a. Calculando Volumen Útil:**

$$V = 1.60 \times N \times C \times Tr$$

Dónde:

- V = volumen total del filtro (m<sup>3</sup>)
- N = habitantes contribuyentes al sistema (hab)
- C = contribución por habitante (l/hab.d)
- Tr= tiempo retención hidráulica (d) (ver cuadro N° 21)

$$V = 1.60 \times 16,831.0 \times 50 \text{ l/hab.dia} \times 0.75 \text{ d}$$

$$V = 1009.86 \text{ m}^3 \cong 1000.0 \text{ m}^3$$

**b. Área horizontal:**

$$A = V/H$$

Dónde:

- H = profundidad útil del filtro (1.8 m – 2.0 m).

$$A = \frac{1000.0 \text{ m}^3}{2.0 \text{ m}} = 500.0 \text{ m}^2$$

El ancho varía entre 1.00 – 10.00 m, dependerá de las necesidades del diseño, para tal caso consideraremos de 10.0 m de ancho.

$$\text{Area} = \text{Ancho} \times \text{Largo} = 500.0 \text{ m}^2$$

$$\text{Largo} = 50.0 \text{ m}$$

El Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente tendrán como dimensiones según al resultado:

$$A = 10.0 \text{ m} \quad L = 50.0 \text{ m} \quad H = 2.0 \text{ m}$$

**c. Tiempo de Retención Hidráulica:**

En la tabla siguiente aparecen los valores de tiempo de retención hidráulica que se deben usar para el diseño de este tipo de unidades.

$$TRH = \frac{V}{Q}$$

Dónde:

- V = Volumen Útil FAFA (m<sup>3</sup>)
- Q = Caudal de Diseño (m<sup>3</sup>/h)

$$TRH = \frac{1000.0 \text{ m}^3}{28.05 \text{ m}^3/\text{h}}$$

$$TRH = 35.65 \text{ h}$$

**d. Eficiencia:**

$$E = 100 \left( 1 - \frac{0.87}{\sqrt{TRH}} \right)$$

$$E = 100 \left( 1 - \frac{0.87}{\sqrt{35.65}} \right)$$

$$E = 85.42\%$$

Una de las ventajas de estos sistemas es que los filtros anaerobios en buenas condiciones de funcionamiento presentan eficiencias elevadas en la remoción de materia orgánica y no exigen unidades de decantación complementaria, ya que la presencia de sólidos en el afluente es baja.

## B. FILTRO PERCOLADOR BIOLÓGICO

Los filtros percoladores, son sistemas de depuración biológica de aguas residuales, en los que la oxidación de la materia orgánica se produce al hacer pasar a través de un medio poroso cubierto de una película biológica, aire y agua residual.

### Parámetros de diseño:

Para el cálculo de los rendimientos de los filtros percoladores se describen por las ecuaciones de NCR (*Nacional Reserarch Council USA*), la aplicación de estas fórmulas está especialmente indicada, para filtros de materiales pétreos de una o varias fases con relación a la recirculación diversas, para el diseño de los filtros percoladores se usaron las ecuaciones NCR.

#### a) Cálculo de la eficiencia.

$$E = \frac{S_o - S_f}{S_o}$$

Dónde:

- E = Eficiencia del sistema
- So = DBO afluente de entrada a filtro
- Sf = DBO efluente final o deseada según norma técnica peruana (El efluente deseado a obtener para riego según la norma es de 15 mg/L).

$$E = \frac{117.40\text{mg/L} - 15\text{mg/L}}{117.40\text{mg/L}}$$

$$E = 87.22\%$$

**b) Cálculo de la eficiencia para cada filtro E**

Para el diseño se usarán las ecuaciones del NCR (National Research Council U.S.A.).

$$E = \frac{100}{1 + 0.4425 \left( \frac{W}{V} \times F \right)^{0.5}}$$

Dónde:

- E = Rendimiento de eliminación de la DBO.
- W = Carga de DBO
- V = Volumen del filtro
- F = Factor de recirculación

$$F = \frac{1+r}{(1+0.1r)^2}$$

r = Razón de circulación, ara nuestro caso r = 0.

$$F = \frac{1+0}{(1+0.1 \times 0)^2}$$

$$F = 1$$

**b) Cálculo de la carga de Demanda Bioquímica de oxígeno (DBO) del primer filtro.**

$$W = (\text{DBO influente}) (Q_{md})$$

Dónde:

- DBO influente = DBO remoción
- $Q_{md}$  = Caudal Medio

$$W = (117.4 \text{ mg/L}) (673.46 \text{ m}^3/\text{dia})$$

$$W = (0.12 \text{ Kg/m}^3) (673.46 \text{ m}^3/\text{dia})$$

$$W = 80.82 \text{ Kg/dia}$$

c) Cálculo del volumen del filtro, usando la Ecuación de la Eficiencia.

$$E = \frac{100}{1 + 0.4425 \left( \frac{W}{V} \times F \right)^{0.5}}$$
$$87.22 = \frac{100}{1 + 0.4425 \left( \frac{80.82}{V} \times 1 \right)^{0.5}}$$

$$1 + \frac{3.97}{V^{0.5}} = \frac{100}{87.22}$$

$$V^{0.5} + 3.97 = 1.14 V^{0.5}$$

$$V = 734.09 \text{ m}^3 \cong 730.0 \text{ m}^3$$

d) Cálculo de la carga orgánica

$$\text{Carga de DBO} = \frac{W}{Q}$$

Dónde:

- V = volumen del filtro
- W = Carga de DBO

$$\text{Carga de DBO} = \frac{80.82 \text{ kg/día}}{734.09 \text{ m}^3}$$

$$\text{Carga de DBO} = 0.11 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{día}$$

e) Cálculo del área

$$A = \frac{V}{h}$$

Dónde:

- A = área del filtro
- V = volumen del filtro

- h = altura del filtro (Altura recomendado 1.80 – 2.00, por tener baja carga orgánica)

Por tanto se considerara un Filtro percolador biológico de forma rectangular, con dimensiones:

$$A = \frac{730.0 \text{ m}^3}{2.00\text{m}} = 365.0 \text{ m}^2$$

El ancho varía entre 1.00 – 10.00 m, dependerá de las necesidades del diseño, para tal caso consideraremos de 10 m de ancho.

$$\text{Area} = \text{Ancho} \times \text{Largo} = 365.0 \text{ m}^2$$

$$\text{Largo} = 36.5 \text{ m} \cong 36.5\text{m}$$

Los filtros biológicos tendrán como dimensiones:

$$A = 10 \text{ m} \quad L = 36.5 \text{ m} \quad H = 2.0 \text{ m}$$

#### f) Cálculo de la carga hidráulica

$$\text{Carga hidráulica} = Q_{\text{max}} / A$$

Dónde:

- Q<sub>mh</sub> = Caudal máximo horario
- A = área del filtro

$$\text{Carga hidraulica} = \frac{Q_{\text{maxh}}}{A}$$

$$\text{Carga hidraulica} = \frac{70.92}{730.0} = 0.097 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{hr}$$

$$\text{Carga hidraulica} = 2.32 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$$

### 3.1.4.6. TRATAMIENTO DE LODOS

La expresión lodos se aplica para designar a los sólidos que provienen de la sedimentación de las aguas negras cuando pasan por el tanque de sedimentación.

La mayor parte de los lodos producidos por estos tanques son, sólidos orgánicos e inorgánicos presente en el agua cruda, al instante que salen del tanque de sedimentaciones estas contienen de un 5.00% de sólidos y el 95% de agua. Dentro de las unidades más importantes a considerar en el proyecto es:

#### A. LECHO DE SECADO

Los patios de secado de lodos tienen la función exclusiva de deshidratar los lodos digeridos a través de la exposición solar y para su dimensionamiento efectúan los cálculos necesarios para su diseño.

##### a. Carga de sólidos que ingresa al sedimentador (C, en Kg de SS/día).

$$C = Q * S * 0.0864$$

De donde:

- S: Sólidos en suspensión en el agua residual cruda mg/l
- Q: Caudal promedio de aguas residuales o caudal de diseño.

$$C = 7.79 \text{ l/s} * 1140.06 \text{ mg/l de SST} * 0.0864$$

$$C = 767.55 \text{ Kgr de SST/día}$$

##### b. Masa de sólidos que conforman los lodos (Msd, en Kg SS/día).

$$Msd = (0.175 * C) + (0.15 * C)$$

$$Msd = (0.175 * 767.55 \text{ Kgr de SST/día}) + (0.15 * 767.55 \text{ Kgr de SST/día})$$

$$Msd = 249.45 \text{ Kgr de SST/día}$$

**c. Volumen diario de lodos digeridos (Vld, en litros/día).**

$$Vld = \frac{Msd \text{ (kg/día)}}{\rho_{\text{lodo}} * \left(\frac{\% \text{ sólidos}}{100}\right)}$$

Dónde:

- $\rho$  lodo: Densidad de los lodos, igual a 1,04 Kg/l.
- % de sólidos: % de sólidos contenidos en el lodo, varía entre 8 a 12%.

$$Vld = \frac{249.45 \text{ kg/día}}{1.04 \text{ kg/l} * \left(\frac{12.50}{100}\right)}$$

$$Vld = 1918.87 \text{ m}^3/\text{día}$$

**d. Volumen de lodos a extraerse del tanque (Vel, en m3)**

$$Vel = \frac{Vld * Td}{1000}$$

Dónde:

- Td = tiempo de digestión, en días (T=15 °C)

$$Vel = \frac{1918.87 \text{ m}^3/\text{día} * 55 \text{ d}}{1000}$$

$$Vel = 105.54 \text{ m}^3$$

**e. Área de lecho de secado (Als, en m3)**

$$Als = \frac{Vel}{Ha}$$

Dónde:

- Ha: Profundidad de aplicación, entre 0,20 a 0,40m

$$Als = \frac{105.54 \text{ m}^3}{0.30\text{m}}$$

$$Als = 351.79\text{m}^2 \cong 350.0\text{m}^2$$

El ancho está entre 3 y 6 m, aunque en instalaciones grandes puede sobrepasar los 10 m.

$$\text{Area} = \text{Ancho} \times \text{Largo}$$

$$350 \text{ m}^2 = 10.0 \text{ m} \times \text{Largo}$$

$$\text{Largo} = 35.0 \text{ m} \cong 35 \text{ m}$$

El patio de Lecho de secado tendrá como dimensiones:

$$A = 10.0 \text{ m}$$

$$L = 35.0 \text{ m}$$

$$H = 0.30 \text{ m}$$

### 3.1.5. DISEÑO DE SISTEMA DE BOMBEO

El sistema de bombeo es un conjunto tuberías, accesorios, motores y bombas que permiten elevar el agua inferior a otro superior, y dentro de las características principales que deben ser diseñados son:

- ✓ Necesidades hídricas del cultivo.
- ✓ Tipo de líquido.
- ✓ Caudal de bombeo.
- ✓ Altura manométrica de bombeo.
- ✓ Diámetro de la tubería de succión.
- ✓ Diámetro de la tubería de impulsión.
- ✓ Potencia del equipo de bombeo.

#### 3.1.5.1. NECESIDADES HIDRICAS DEL CULTIVO

Para el cálculo de las necesidades hídricas de las Áreas verdes de la Ciudad Universitaria, se tendrán que tener en cuenta ciertos parámetros que a continuación se detalla:

- ✓ Evapotranspiración Potencial (ETP ó ETo)
- ✓ Evapotranspiración Actual o Real del cultivo (ETA ó ETC)
- ✓ Coeficiente del cultivo
- ✓ Precipitación Efectiva

Dentro de los cálculos respectivos existen varios métodos, para el presente proyecto consideraremos el **MÉTODO DE HARGRAVAES** en base a la temperatura, siendo el método más usual y preciso, para ello es importante tener los registros climáticos como: Temperatura, Horas sol, Velocidades de Viento, Evaporación, Precipitación y Humedad Relativa. Los registros obtenidos son de la estación Meteorológica de Pampa del Arco de la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga.

**Cuadro N° 3.16: Registro de Temperaturas Máxima Absolutas Diarias (°C)**

ESTACION : Pampa del Arco DISTRITO : Ayacucho ALTITUD : 2772 msnm  
 CODIGO : 01 PROVINCIA : Huamanga LATITUD : 13°08'00"  
 AÑO : 2011 DEPARTAMENTO : Ayacucho LONGITUD : 74°13'00"

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1995	27.00	26.80	26.00	26.50	26.30	26.30	26.30	29.00	27.50	29.60	29.20	29.00
1996	25.50	25.30	22.20	23.00	22.00	24.50	26.30	25.30	24.50	24.00	26.00	25.00
1997	21.99	22.90	20.20	20.60	19.50	20.00	20.60	23.60	22.40	26.80	23.00	22.50
1998	26.30	24.50	21.40	22.00	21.60	26.50	24.70	21.60	22.80	23.20	24.00	23.50
1999	22.50	23.50	23.40	23.60	21.00	22.00	22.60	20.40	21.60	20.50	23.20	21.00
2000	25.20	23.50	22.90	22.80	22.00	23.40	23.50	21.00	22.20	20.80	24.20	22.20
2001	24.60	26.90	24.60	24.50	23.00	24.60	24.50	20.00	21.80	23.50	23.50	23.00
2002	23.50	22.00	25.60	22.30	22.00	23.10	23.50	20.00	23.50	21.50	22.00	22.50
2003	25.50	23.60	24.30	22.40	21.90	21.50	22.50	20.50	22.50	23.50	24.00	22.00
2004	24.40	24.10	23.80	24.40	24.60	21.60	21.80	23.20	20.20	28.20	22.00	21.20
2005	23.60	25.30	22.60	22.00	22.40	22.40	20.80	22.00	22.60	22.40	24.00	23.20
2006	24.50	24.80	23.00	25.00	23.30	24.00	25.00	24.50	26.00	27.00	26.00	27.00
2007	25.50	26.00	23.00	24.00	24.00	23.00	23.00	25.20	25.00	25.50	26.70	26.30
2008	23.20	25.00	26.20	24.20	24.00	23.00	22.70	24.50	25.00	26.00	27.20	27.60
2009	25.00	24.20	21.90	23.50	24.00	22.90	21.90	24.00	25.80	27.60	28.00	27.20

2010	23.30	26.00	25.00	26.00	25.20	23.10	24.00	25.10	28.00	26.50	27.40	24.00
2011	26.20	22.80	22.10	23.70	24.70	23.70	23.00	25.10	26.60	26.50	28.50	27.20
2012	25.30	26.20	23.50	24.50	25.60	23.80	22.20	24.20	26.00	25.50	26.70	27.50
<b>MEDIA</b>	<b>24.62</b>	<b>24.63</b>	<b>23.43</b>	<b>23.61</b>	<b>23.17</b>	<b>23.30</b>	<b>23.27</b>	<b>23.29</b>	<b>24.11</b>	<b>24.92</b>	<b>25.31</b>	<b>24.55</b>

Fuente: Estación Meteorológica Pampa del Arco - Ing. Oscar Roque Siguas

### Cuadro N° 3.17: Registro de Temperaturas Mínimas Absolutas Diarias (°C)

ESTACION : Pampa del Arco DISTRITO : Ayacucho ALTITUD : 2772 msnm  
 CODIGO : 01 PROVINCIA : Huamanga LATITUD : 13°08'00"  
 AÑO : 2011 DEPARTAMENTO : Ayacucho LONGITUD : 74°13'00"

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1995	10.00	10.20	9.00	9.50	6.20	3.00	3.50	5.00	9.00	9.50	8.80	9.50
1996	9.50	10.00	9.50	9.00	6.30	2.50	3.00	5.50	8.60	8.80	9.50	9.00
1997	10.50	9.80	10.00	9.20	6.00	2.60	3.20	5.60	8.00	8.60	8.50	9.80
1998	10.20	9.00	11.20	8.80	5.80	2.30	2.80	4.50	7.50	9.80	10.50	10.00
1999	10.30	9.00	11.50	10.20	7.20	2.50	2.90	4.80	7.00	10.00	11.00	10.20
2000	9.80	8.80	10.60	9.60	6.00	3.00	1.90	5.30	7.50	10.50	11.30	10.00
2001	9.00	9.80	10.50	8.90	6.10	3.50	2.60	6.00	7.80	10.20	11.20	9.50
2002	9.00	10.50	9.50	9.80	5.80	2.00	2.50	6.50	8.00	9.80	11.00	8.50
2003	10.00	9.80	9.80	8.70	5.80	3.00	2.60	6.40	8.30	9.50	10.00	8.80
2004	10.50	9.00	10.20	10.30	6.35	2.00	3.00	6.30	8.50	9.00	8.80	9.00
2005	9.80	10.00	10.00	8.90	6.00	3.00	3.20	6.00	9.30	9.00	9.00	9.50
2006	9.80	9.00	9.00	9.80	7.20	1.80	3.50	6.00	8.00	9.00	9.50	10.00
2007	9.00	9.50	10.00	9.50	7.50	3.60	3.50	5.80	8.50	9.50	10.50	10.20
2008	11.00	10.40	10.00	9.80	7.00	7.00	6.50	7.70	10.30	10.70	12.00	11.10
2009	11.00	10.00	11.20	10.00	8.60	5.30	6.00	6.00	10.00	10.40	12.00	12.60
2010	11.30	13.00	12.00	11.70	6.00	7.50	7.10	6.00	9.90	11.00	11.30	10.00
2011	10.40	10.60	10.10	10.80	6.20	8.30	7.60	8.90	10.20	11.00	10.10	10.40
2012	9.80	10.00	10.00	8.90	6.00	3.00	3.20	6.00	9.30	9.00	9.00	9.50
<b>MEDIA</b>	<b>10.05</b>	<b>9.91</b>	<b>10.23</b>	<b>9.63</b>	<b>6.45</b>	<b>3.66</b>	<b>3.81</b>	<b>6.02</b>	<b>8.65</b>	<b>9.74</b>	<b>10.22</b>	<b>9.87</b>

Fuente: Estación Meteorológica Pampa del Arco - Ing. Oscar Roque Siguas

### Cuadro N° 3.18: Temperaturas Medias Mensual (TMM , °C)

ESTACION : Pampa del Arco DISTRITO : Ayacucho ALTITUD : 2772 msnm  
 CODIGO : 01 PROVINCIA : Huamanga LATITUD : 13°08'00"  
 AÑO : 2011 DEPARTAMENTO : Ayacucho LONGITUD : 74°13'00"

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
<b>TMM</b>	<b>17.32</b>	<b>17.22</b>	<b>16.83</b>	<b>16.62</b>	<b>14.75</b>	<b>13.49</b>	<b>13.59</b>	<b>14.63</b>	<b>16.31</b>	<b>17.34</b>	<b>17.76</b>	<b>17.13</b>

Fuente: Estación Meteorológica Pampa del Arco - Ing. Oscar Roque Siguas

### Cuadro N° 3.19: Registro de Precipitaciones Mensual (mm)

ESTACION : Pampa del Arco DISTRITO : Ayacucho ALTITUD : 2772 msnm  
 CODIGO : 01 PROVINCIA : Huamanga LATITUD : 13°08'00"  
 AÑO : 2010 DEPARTAMENTO : Ayacucho LONGITUD : 74°13'00"

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC
1991	60.2	57.9	107.0	98.7	17.5	26.0	10.5	16.5	15.0	40.0	53.6	15.5
1992	0.0	64.2	53.5	17.0	0.0	10.0	6.0	26.0	13.0	24.0	28.5	25.5
1993	125.0	100.0	94.0	34.5	8.0	7.0	15.0	16.5	26.0	22.0	75.0	116.0
1994	115.5	140.0	102.0	30.0	6.5	3.0	0.0	6.5	9.8	19.4	49.3	88.0
1995	157.4	128.9	123.3	12.5	16.5	0.5	2.0	5.6	9.7	34.3	78.7	48.5
1996	75.2	126.8	99.0	43.8	0.0	0.0	0.0	16.7	25.3	20.8	22.3	61.9
1997	136.8	122.6	78.1	25.4	2.9	0.0	2.0	20.2	38.7	25.4	75.3	98.9
1998	117.4	109.5	95.9	7.2	0.4	6.2	0.0	3.9	19.6	46.2	32.4	42.6
1999	107.3	144.7	91.5	29.0	2.6	0.6	4.8	0.0	57.7	13.2	91.6	59.3
2000	130.2	176.0	91.5	6.0	14.6	10.8	55.8	12.7	4.4	66.0	26.9	79.2
2001	161.9	101.9	86.5	23.0	23.2	4.4	24.3	12.6	7.7	31.9	62.6	80.9
2002	105.7	141.8	91.0	21.0	15.1	5.7	25.8	19.3	42.8	22.5	58.6	102.0
2003	76.6	164.9	121.5	77.5	20.6	0.0	0.0	30.6	27.2	11.6	28.0	83.8
2004	69.9	149.1	83.0	29.8	11.3	10.7	26.3	7.5	16.1	26.6	39.7	162.0
2005	46.7	69.8	78.4	11.7	0.2	0.0	2.6	0.0	5.4	47.2	29.7	87.4
2006	107.4	102.3	151.5	21.3	1.2	13.2	0.2	23.0	18.1	47.1	72.1	108.0
2007	71.2	69.6	151.5	38.4	2.5	0.0	6.4	1.0	13.6	37.7	74.0	105.0
2008	116.8	104.1	94.1	6.8	0.4	5.8	0.0	3.9	19.6	56.3	32.4	42.6
2009	107.1	144.3	91.5	29.0	4.0	0.6	0.0	4.2	20.3	50.3	25.6	68.6
2010	105.6	123.6	99.8	26.9	12.3	5.2	0.2	3.6	15.4	50.1	68.9	95.4
2011	69.9	149.1	83.0	29.8	11.3	10.7	26.3	7.5	16.1	26.6	39.7	162.0
2012	46.7	69.8	78.4	11.7	0.2	0.0	2.6	0.0	5.4	47.2	29.7	87.4
<b>MEDIA</b>	<b>95.1</b>	<b>111.4</b>	<b>93.4</b>	<b>27.9</b>	<b>7.7</b>	<b>5.2</b>	<b>9.2</b>	<b>10.7</b>	<b>19.0</b>	<b>33.6</b>	<b>53.8</b>	<b>85.4</b>

Fuente: Estación Meteorológica Pampa del Arco - Ing. Oscar Roque Siguas

**Ecuaciones Empíricas:**

$$ET_o = TMF * CH * CE * MF$$

$$CH = 0.166 * (100 - HR)^{0.5}$$

$$TMF = \frac{9}{5} * T(^{\circ}C) + 32$$

$$CE = 1 + 0.04 * \frac{E}{2000}$$

MF = Se obtiene interpolando del Cuadro N° 3.19

**Dónde:**

ETP : Evapotranspiración Potencial (mm/mes)

: Factor mensual de Latitud (Manual 24 FAO)

TMF : Temperatura media mensual en °F

CH : Factor de Corrección para la humedad relativa:

CH=0.166(100-HR)<sup>0.5</sup> si HR > 64%

CH= 1 si HR < 64%

HR : Humedad Relativa media mensual (%)

CE : Factor de corrección para la altitud del lugar (msnm).

Calculando Factor Mensual Latitud Sur (MF): siendo la ubicación de la ciudad

Universitaria con Latitud Sur 13° 08' 00"; Interpolando se obtiene:

**Cuadro N° 3.20: Factor Mensual Latitud Sur (MF)**

Latitud	12 °	13.130 °	14 °
Ene.	2.625 °	2.598	2.680 °
Feb.	2.292 °	2.280	2.317 °
Mar.	2.350 °	2.355	2.340 °
Abr.	2.002 °	2.024	1.959 °

<b>May.</b>	1.799 °	1.832	1.733 °
<b>Jun.</b>	1.608 °	1.644	1.536 °
<b>Jul.</b>	1.719 °	1.755	1.648 °
<b>Ago.</b>	1.950 °	1.978	1.895 °
<b>Set.</b>	2.169 °	2.182	2.144 °
<b>Oct.</b>	2.477 °	2.471	2.490 °
<b>Nov.</b>	2.520 °	2.497	2.566 °
<b>Dic.</b>	2.643 °	2.612	2.706 °

Fuente: Elaboración Propia.

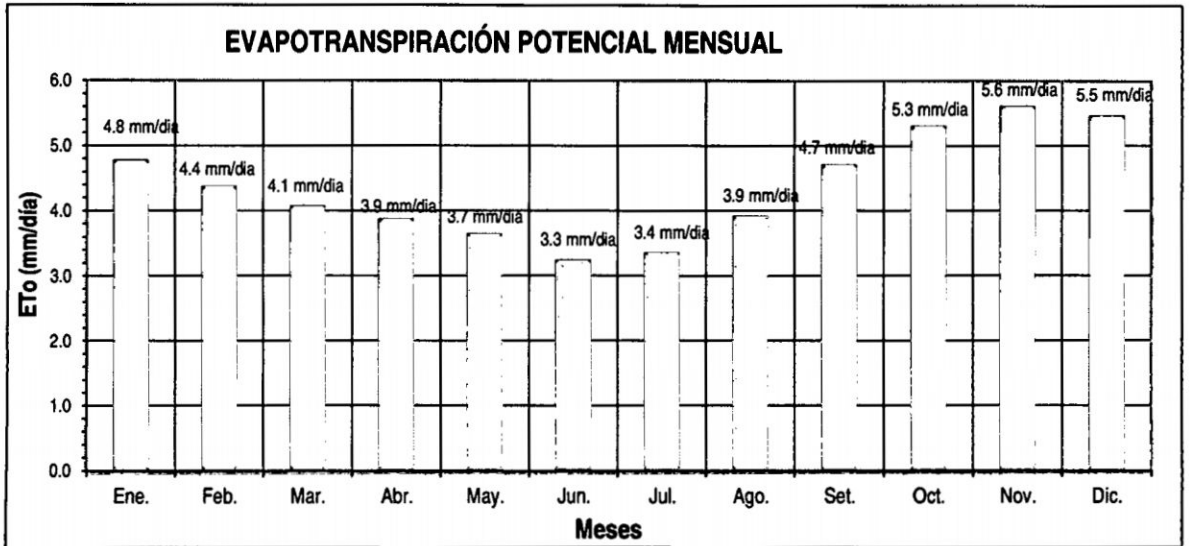
En el siguiente cuadro N° 3.20, se tiene, los cálculos de la Temperatura media mensual en °F (TMF), Factor de Corrección para la humedad relativa (CH) y Factor de corrección para la altitud del lugar (msnm) (CE).

**Cuadro N° 3.21: Obtención de ETo**

mes	°C Temperatura Media Mensual	TMF T° Media Mensual	HR% Humedad Relativa	CH Fact de Correc H°	CE Factor de Correc. de Altitud	MF Factor Mensual de Evapot	ETo (mm/mes) Evapot. Potenc.	Eto (mm/dia ) Evapot. Potenc
Ene.	17.32 °C	63.18 °F	73.60 %	0.856	1.055	2.598	148.2 mm/mes	4.8 mm/dia
Feb.	17.22 °C	63.00 °F	76.40 %	0.809	1.055	2.280	122.7 mm/mes	4.4 mm/dia
Mar.	16.83 °C	62.30 °F	75.90 %	0.818	1.055	2.355	126.6 mm/mes	4.1 mm/dia
Abr.	16.62 °C	61.91 °F	72.00 %	0.882	1.055	2.024	116.5 mm/mes	3.9 mm/dia
May.	14.75 °C	58.55 °F	61.60 %	1.000	1.055	1.832	113.2 mm/mes	3.7 mm/dia
Jun.	13.49 °C	56.27 °F	57.20 %	1.000	1.055	1.644	97.6 mm/mes	3.3 mm/dia
Jul.	13.59 °C	56.46 °F	54.70 %	1.000	1.055	1.755	104.5 mm/mes	3.4 mm/dia
Ago.	14.63 °C	58.33 °F	57.60 %	1.000	1.055	1.978	121.7 mm/mes	3.9 mm/dia
Set.	16.31 °C	61.35 °F	57.70 %	1.000	1.055	2.182	141.2 mm/mes	4.7 mm/dia
Oct.	17.34 °C	63.20 °F	58.60 %	1.000	1.055	2.471	164.8 mm/mes	5.3 mm/dia
Nov.	17.76 °C	63.97 °F	62.00 %	1.000	1.055	2.497	168.6 mm/mes	5.6 mm/dia
Dic.	17.13 °C	62.84 °F	65.50 %	0.979	1.055	2.612	169.4 mm/mes	5.5 mm/dia

Fuente: Elaboración Propia.

**Grafico N° 3.14: Evapotranspiración Potencial Mensual**



Fuente: Elaboración Propia.

### **CALCULO DE LA PRECIPITACIÓN EFECTIVA.**

Existen varios métodos para realizar el cálculo de la precipitación efectiva con una probabilidad del 75%, tales como:

- Método de Weibull
- Percentil
- WPRS - USA
- CROPWAT

Para el cálculo respectivo de la precipitación efectiva usaremos una hoja de cálculo por el método de **PERCENTIL** con una probabilidad del 75%.

**Cuadro N° 3.22: Resultados de los percentiles al 25%, 50%, 75% y 95% por meses.**

<b>ANO</b>	<b>ENE</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>ABR</b>	<b>MAY</b>	<b>JUN</b>	<b>JUL</b>	<b>AGO</b>	<b>SEP</b>	<b>OCT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>
1990	76.6	1.7	2.7	11.4	5.6	0.0	0.0	8.0	11.1	7.0	142.0	143.0
1991	60.2	57.9	107.0	98.7	17.5	26.0	10.5	16.5	15.0	40.0	53.6	15.5
1992	0.0	64.2	53.5	17.0	0.0	10.0	6.0	26.0	13.0	24.0	28.5	25.5
1993	125.0	100.0	94.0	34.5	8.0	7.0	15.0	16.5	26.0	22.0	75.0	116.0
1994	115.5	140.0	102.0	30.0	6.5	3.0	0.0	6.5	9.8	19.4	49.3	88.0
1995	157.4	128.9	123.3	12.5	16.5	0.5	2.0	5.6	9.7	34.3	78.7	48.5
1996	75.2	126.8	99.0	43.8	0.0	0.0	0.0	16.7	25.3	20.8	22.3	61.9
1997	136.8	122.6	78.1	25.4	2.9	0.0	2.0	20.2	38.7	25.4	75.3	98.9
1998	117.4	109.5	95.9	7.2	0.4	6.2	0.0	3.9	19.6	46.2	32.4	42.6
1999	107.3	144.7	91.5	29.0	2.6	0.6	4.8	0.0	57.7	13.2	91.6	59.3
2000	130.2	176.0	91.5	6.0	14.6	10.8	55.8	12.7	4.4	66.0	26.9	79.2
2001	161.9	101.9	86.5	23.0	23.2	4.4	24.3	12.6	7.7	31.9	62.6	80.9
2002	105.7	141.8	91.0	21.0	15.1	5.7	25.8	19.3	42.8	22.5	58.6	102.0
2003	76.6	164.9	121.5	77.5	20.6	0.0	0.0	30.6	27.2	11.6	28.0	83.8
2004	69.9	149.1	83.0	29.8	11.3	10.7	26.3	7.5	16.1	26.6	39.7	162.0
2005	46.7	69.8	78.4	11.7	0.2	0.0	2.6	0.0	5.4	47.2	29.7	87.4
2006	107.4	102.3	151.5	21.3	1.2	13.2	0.2	23.0	18.1	47.1	72.1	108.0
2007	71.2	69.6	151.5	38.4	2.5	0.0	6.4	1.0	13.6	37.7	74.0	105.0
2008	116.8	104.1	94.1	6.8	0.4	5.8	0.0	3.9	19.6	56.3	32.4	42.6
2009	107.1	144.3	91.5	29.0	4.0	0.6	0.0	4.2	20.3	50.3	25.6	68.6
2010	105.6	123.6	99.8	26.9	12.3	5.2	0.2	3.6	15.4	50.1	68.9	95.4
2011	69.9	149.1	83.0	29.8	11.3	10.7	26.3	7.5	16.1	26.6	39.7	162.0
2012	46.7	69.8	78.4	11.7	0.2	0.0	2.6	0.0	5.4	47.2	29.7	87.4
<b>MEDIA</b>	<b>95.09</b>	<b>111.42</b>	<b>93.42</b>	<b>27.93</b>	<b>7.69</b>	<b>5.23</b>	<b>9.17</b>	<b>10.69</b>	<b>19.04</b>	<b>33.63</b>	<b>53.77</b>	<b>85.37</b>
<b>PP MAX.( mm )</b>	<b>161.90</b>	<b>176.00</b>	<b>151.50</b>	<b>98.70</b>	<b>23.20</b>	<b>26.00</b>	<b>55.80</b>	<b>30.60</b>	<b>57.70</b>	<b>66.00</b>	<b>142.00</b>	<b>162.00</b>
<b>PP MIN.( mm )</b>	<b>0.00</b>	<b>1.70</b>	<b>2.70</b>	<b>6.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>4.40</b>	<b>7.00</b>	<b>22.30</b>	<b>15.50</b>
<b>DESV. ESTÁNDAR</b>	<b>62.30</b>	<b>50.14</b>	<b>47.67</b>	<b>43.35</b>	<b>13.49</b>	<b>13.40</b>	<b>16.60</b>	<b>13.22</b>	<b>14.53</b>	<b>21.99</b>	<b>38.13</b>	<b>38.41</b>
<b>P 25%</b>	<b>117.10</b>	<b>143.05</b>	<b>100.90</b>	<b>29.90</b>	<b>13.45</b>	<b>8.50</b>	<b>12.75</b>	<b>16.60</b>	<b>22.80</b>	<b>47.15</b>	<b>73.05</b>	<b>103.50</b>
<b>P 50%</b>	<b>105.70</b>	<b>122.60</b>	<b>91.50</b>	<b>25.40</b>	<b>5.60</b>	<b>4.40</b>	<b>2.60</b>	<b>7.50</b>	<b>16.10</b>	<b>31.90</b>	<b>49.30</b>	<b>87.40</b>
<b>P 75%</b>	<b>70.55</b>	<b>84.90</b>	<b>83.00</b>	<b>12.10</b>	<b>0.80</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>3.90</b>	<b>10.45</b>	<b>22.25</b>	<b>29.70</b>	<b>60.60</b>
<b>P 95%</b>	<b>46.70</b>	<b>58.53</b>	<b>55.96</b>	<b>6.84</b>	<b>0.02</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>5.40</b>	<b>11.76</b>	<b>25.73</b>	<b>27.21</b>

Fuente: Elaboración Propia.

**Cuadro N° 3.23: Distribución de la Precipitación Efectiva por el método WPRS- USA.**

Pp	%PE	
	5	0
30	95	0.95
55	90	0.9
80	82	0.82
105	65	0.65
130	45	0.45
155	25	0.25
>155	5	0.05

Fuente: Elaboración Propia.

**Para enero:** al 75% se tiene una precipitación de 70.55 mm.

$$PE = 5 \times 0.0 + 25 \times 0.95 + 25 \times 0.90 + 15.5 \times 0.82 = 58.96 \text{ mm}$$

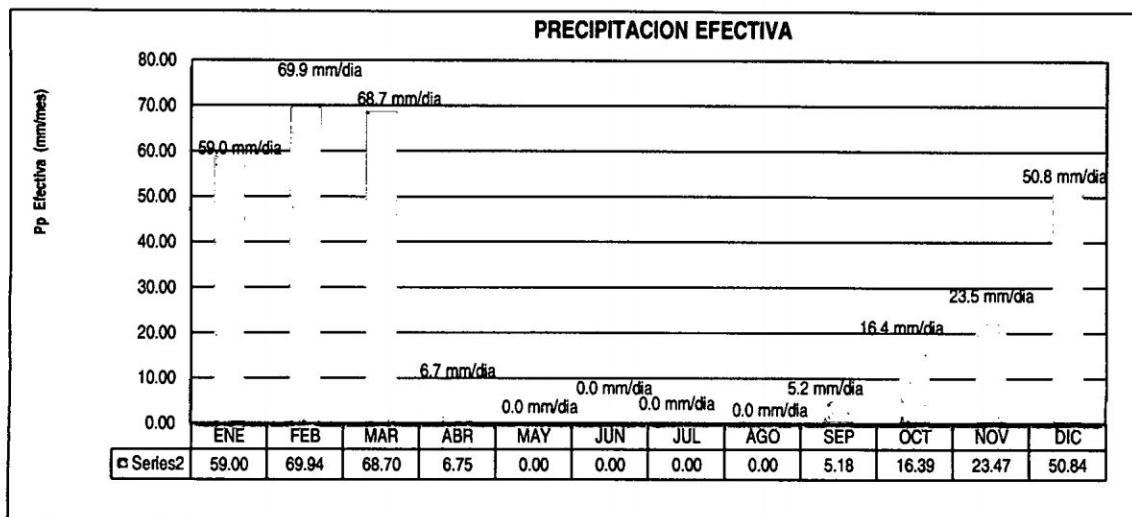
Así sucesivamente con el mismo procedimiento para los demás meses se tiene en la siguiente hoja de cálculo:

**Cuadro N° 3.24: Calculo de la Precipitación Efectiva por meses.**

MESES	P 75%	0%	95%	90%	82%	65%	45%	25%	5%	PE
ENE	70.55	5.00	25.00	25.00	15.50					58.96
FEB	84.90	5.00	25.00	25.00	25.00	4.90				69.94
MAR	83.00	5.00	25.00	25.00	25.00	3.00				68.70
ABR	12.10	5.00	7.10							6.75
MAY	0.80	0.80								0.00
JUN	0.00	0.00								0.00
JUL	0.00	0.00								0.00
AGO	3.90	3.90								0.00
SEP	10.45	5.00	5.45							5.18
OCT	22.25	5.00	17.25							16.39
NOV	29.70	5.00	24.70							23.47
DIC	60.60	5.00	25.00	25.00	5.60					50.84

Fuente: Elaboración Propia.

**Grafico N° 3.15: Precipitación efectiva (mm) por meses**



Fuente: Elaboración Propia.

**ELABORACIÓN DE LA CEDULA DE CULTIVO.**

El coeficiente del cultivo del *Kikuyo pennisetum*, es  $Kc = 1$ , por ser un especie perenne de poca calidad, con tallos de hasta 120 cm de altura.

**Cuadro N° 3.25: Cedula de cultivo de *Kikuyo pennisetum***

CULTIVOS BASE	ÁREA		Kc de los Cultivos											
	Há	%	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
<i>Kikuyo pennisetum</i>	15.55	100	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Fuente: Elaboración Propia.

Para el cálculo de la demanda neta se tiene:

$$DN = ETA - PE$$

Dónde:

- DN: Demanda neta
- ETA ó ETC :  $(ETP \text{ ó } ET_0) \times Kc$
- PE: Precipitación efectiva

Las necesidades brutas de riego (Db), es la cantidad real de agua que ha de aplicarse durante el riego para satisfacer las necesidades netas de riego. Se calculan utilizando una fórmula muy simple:

$$Db = \frac{Dn}{Ea} * 100$$

Dónde:

- DN: Demanda neta
- Ea : Eficiencia de Aplicación
- DB: Necesidades brutas de riego.

**Cuadro N° 3.26: Balance Hídrico por el Método de HARGREAVES**

DESCRIPCIÓN	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	
Número de días del mes	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	
(Kc)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	
(ETO ó ETP) (mm/mes)	148.28	122.82	126.60	116.56	113.39	97.61	104.37	121.81	141.54	164.74	168.58	169.82	
(ETO ó ETP) (mm/día)	4.78	4.39	4.08	3.89	3.66	3.25	3.37	3.93	4.72	5.31	5.62	5.48	
(ETC ó ETA) (mm/mes)	148.28	122.82	126.60	116.56	113.39	97.61	104.37	121.81	141.54	164.74	168.58	169.82	
(PE) (mm/mes)	59.00	69.94	68.70	6.75	0.00	0.00	0.00	0.00	5.18	16.39	23.47	50.84	
(Nn) (mm/mes)	89.28	52.89	57.90	109.81	113.39	97.61	104.37	121.81	136.36	148.36	145.11	118.98	
(Er)	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	
(NRb) (mm/mes)	119.04	70.52	77.20	146.41	151.19	130.14	139.16	162.41	181.81	197.81	193.49	158.64	
(NRb) (m3/ha)	1,190.42	705.15	772.01	1,464.13	1,511.93	1,301.43	1,391.62	1,624.15	1,818.12	1,978.09	1,934.87	1,586.36	
(A) (has)	15.55	15.55	15.55	15.55	15.55	15.55	15.55	15.55	15.55	15.55	15.55	15.55	
24 Hr	(Mr) (litros/seg/has.)	0.44	0.29	0.29	0.56	0.56	0.50	0.52	0.61	0.70	0.74	0.75	0.59
	(D) (litros/seg)	6.91	4.53	4.48	8.78	8.78	7.81	8.08	9.43	10.91	11.48	11.61	9.21

Fuente: Elaboración Propia.

Dónde:

- (Kc): Promedio Coeficiente de Cultivo
- (ETo): HARGREAVES (mm/mes)
- (ETo): HARGREAVES (mm/día)
- (ETC): Uso consultivo (mm/mes)
- (PE): Pp. Efectiva por (WPRS - USA) (mm/mes)

- (Nn): Necesidad de requerimiento Neto (mm/mes)
- (Er): Eficiencia de riego
- (NRb): Necesidad de requerimiento Bruto (mm/mes)
- (NRb): Necesidad de requerimiento Bruto (m3/ha)
- A: Área del proyecto (has)

De acuerdo al cuadro N° 3.25, de la hoja de cálculo del Balance Hídrico, para la determinación de la demanda de agua, el módulo de riego a considerar es de 0.75 l/s/ha por ser valor un valor crítico durante las 24 horas, correspondiente al mes de noviembre.

El caudal de demanda:

$$Q_d = Mr \times \text{Area}$$

$$Q_d = 0.75 \text{ l/s/ha} \times 15.55 \text{ has}$$

$$Q_d = 11.66 \text{ l/s}$$

### 3.1.5.2. CAUDAL DE BOMBEO

Para el cálculo del Caudal de Bombeo se tomara como referencia el caudal de demanda de las áreas verdes y el número de horas de bombeo.

$$Q_b = Q_{\text{demanda}} \times \frac{24}{N}$$

Dónde:

- $Q_b$  = Caudal de bombeo en l/s
- $Q_d$  = Caudal de demanda en l/s
- N = Número de horas de bombeo

$$Q_b = 11.66 \text{ l/s} * \frac{24}{4}$$

$$Q_b = 69.97 \text{ l/s} = 0.0699 \text{ m}^3/\text{s}$$

### 3.1.5.3. DIÁMETRO DE LA TUBERÍA DE SUCCIÓN

El diámetro de la succión puede calcularse con la siguiente expresión:

$$d = 1.1284 * \sqrt{\frac{Q_b}{v}}$$

Dónde:

- d = Diámetro de la tubería de succión en m
- Q<sub>b</sub> = Caudal de bombeo en m<sup>3</sup>/s
- v = Velocidad media de succión en m/s (1.5 y 2.5 m/s)

$$d = 1.1284 * \sqrt{\frac{0.0699 \text{ m}^3/\text{s}}{2.0 \text{ m/s}}}$$

$$d = 0.21 \text{ m} = 21 \text{ cm} = 8.3 \text{ ''}$$

$$d = 8 \text{ ''}$$

### 3.1.5.4. DIÁMETRO DE LA TUBERÍA DE IMPULSIÓN

Para el cálculo del diámetro económico en instalaciones que no son operadas

Continuamente, debe emplearse la siguiente fórmula:

$$D_o = 1.3 * n^{\frac{1}{4}} * \sqrt{Q_b}$$

Calculando el factor "n":

$$n = \frac{\text{N}^\circ \text{ de horas de bombeo}}{24 \text{ hrs.}}$$

$$n = \frac{4 \text{ hrs}}{24 \text{ hrs.}} = 0.167$$

Finalmente hallamos el diámetro de la tubería de impulsión:

$$D_o = 1.3 \cdot (0.167)^{\frac{1}{4}} \cdot \sqrt[4]{0.0699 \text{ m}^3/\text{s}}$$

$$D_o = 0.212 \text{ m} = 8.7'' = 8''$$

Calculo de la Velocidad:

$$A = \frac{\pi \times D^2}{4}$$

$$A = \frac{\pi \times (0.2032 \text{ m})^2}{4} = 0.032 \text{ m}^2$$

Utilizando la ecuación de continuidad:

$$V = \frac{Q}{A}$$

$$V = \frac{0.0699 \text{ m}^3/\text{s}}{0.032 \text{ m}^2}$$

$$V = 2.18 \text{ m/s}$$

### 3.1.5.5. ALTURA MANOMÉTRICA DE BOMBEO

Para el cálculo de la altura manométrica de bombeo se considerara las diferencias de alturas entre la bomba y reservorio, más las pérdidas de carga en todo el trayecto (pérdida por fricción a lo largo de la tubería, pérdidas locales debidas a las piezas y accesorios) y adicionarle la presión mínima de llegada.

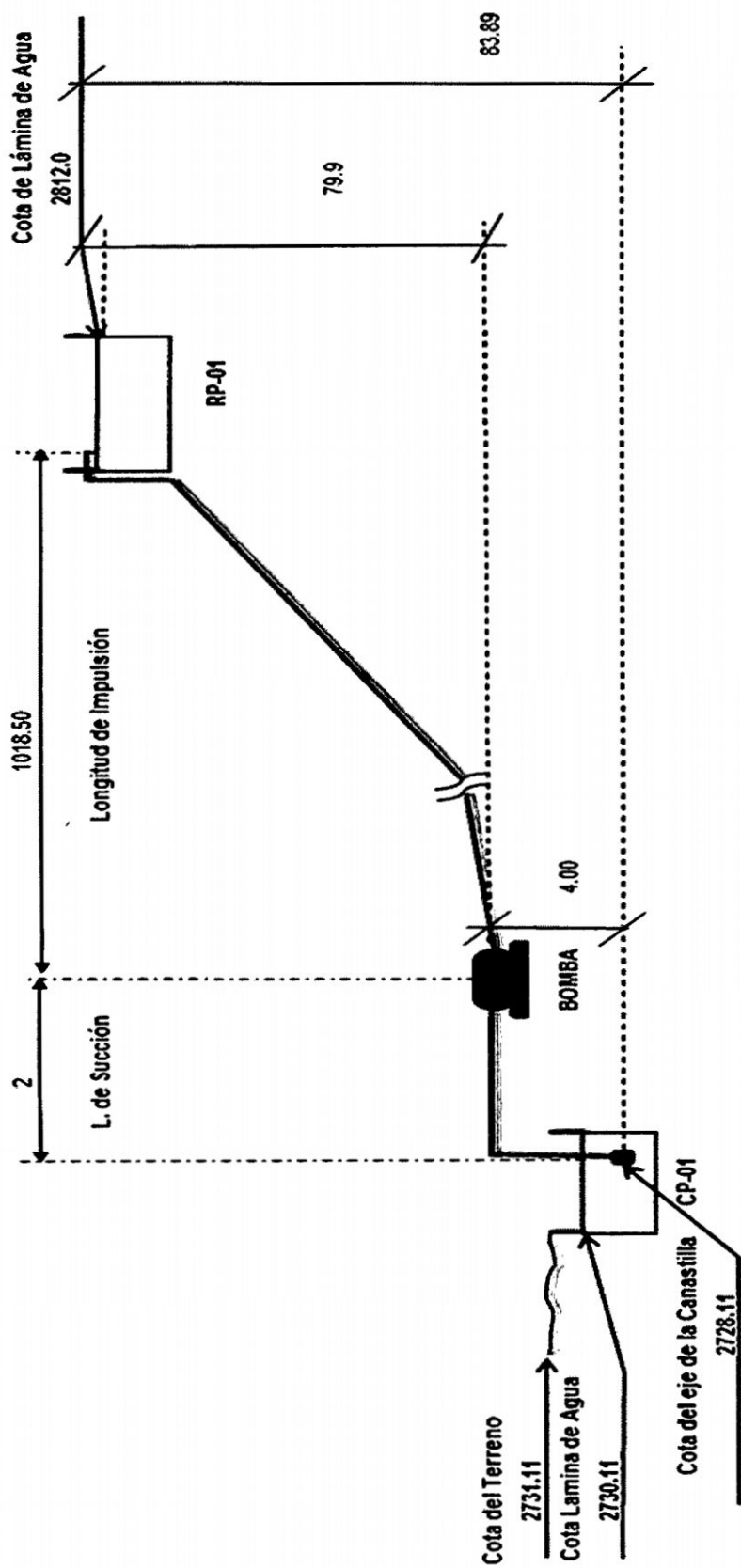


FIGURA N° 3.8: SISTEMA DE BOMBEO - DISEÑO DE LINEA DE IMPULSION EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA

Característica de la Bomba con respecto a la Figura N° 3.8, se observa en el siguiente cuadro N° 3.27.

**Cuadro N° 3.27: Características de la Bomba**

<b>Bomba</b>		
Cota terreno	2731.11	m.s.n.m.
Cota de fondo	2812.00	m.s.n.m.
Cota del Nivel de agua	2730.11	m.s.n.m.
Longitud de la Línea de Impulsión	<b>1018.50</b>	<b>m</b>
Q bombeo	69.97	ltrs/seg
Periodo de Bombeo	4.0	horas

Fuente: Elaboración Propia.

**a. PERDIDAS DE CARGAS POR FRICCION (hf).**

Lo primero que debemos determinar es el factor fricción "f":

$$f = \frac{0.25}{\left[ \log \left( \frac{k}{3.7D} + \frac{5.74}{Re^{0.9}} \right) \right]^2}$$

Dónde:

k= Rugosidad Absoluta

D = Diámetro interior

Re = Numero de Reynolds.

V = Velocidad (m/s)

$\nu$  = Viscosidad cinemática

Calculando el número de Reynolds:

$$Re = \frac{V \times D}{\nu}$$

$$Re = \frac{2.18 \text{ m/s} \times 0.2032 \text{ m}}{1.007 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}}$$

$$Re = 439,896.72 \quad (\text{Flujo turbulento})$$

Reemplazando en la ecuación de Moody – Colebrook, se obtiene el valor de “f”.

$$f = \frac{0.25}{\left[ \log \left( \frac{0.0000015 \text{ m}}{3.7(0.2032 \text{ m})} + \frac{5.74}{(439,896.72)^{0.9}} \right) \right]^2}$$

$$f = \frac{0.25}{\left[ \log \left( 1.99 \times 10^{-6} + 4.78 \times 10^{-5} \right) \right]^2}$$

$$f = 0.0135$$

Una vez obtenido el valor de “f”, resolveremos la pérdida de carga por fricción, mediante la fórmula de Darcy – Weisbach.

$$h_f = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

$$h_f = 0.0135 \times \frac{1018.5 \text{ m}}{0.2032 \text{ m}} \times \frac{(2.18 \text{ m/s})^2}{2(9.81 \text{ m/s}^2)}$$

$$h_f = 16.23 \text{ m}$$

**b. PERDIDAS DE CARGAS LOCALES (ACCESORIOS).**

Las pérdidas de carga por rozamiento en tuberías a presión pueden calcularse mediante la fórmula:

$$h_m = K_m \frac{v^2}{2g}$$

En donde:

- $h_m$ : pérdida de carga o de energía (m)
- $K_m$ : coeficiente empírico (adimensional)
- $v$ : velocidad media del flujo (m/s), (m/s<sup>2</sup>)

Para ello determinaremos las pérdidas de accesorios en la bomba y en la línea de impulsión, que se detalla en el Cuadro N° 3.27:

**Cuadro N° 3.28: Pérdida de Accesorios en la Bomba y Línea de Impulsión.**

CANTIDAD	ACCESORIOS	$K_m$	$K_T$
<b>ACCESORIOS HACIA LA BOMBA</b>			
1	Filtro de Ingreso	1.25	1.25
1	Válvula Check	2.5	2.5
1	Codo 90°	0.9	0.9
1	Adaptador	0.45	0.45
1	Unión universal	0.085	0.085
<b>ACCESORIOS DESPUES DE LA BOMBA</b>			
1	Adaptador	0.45	0.45
1	Unión Universal	0.085	0.085
1	Válvula check	2.5	2.5
9	Codo > 90°	0.9	8.1
2	Salida	2.0	1.0
Fuente: Elaboración Propia.		$\Sigma K_m =$	18.32

Reemplazando en la formula se tiene:

$$h_m = \sum K_m \frac{v^2}{2g}$$

$$h_m = 18.32 \frac{(2.18\text{m/s})^2}{2(9.81\text{m/s}^2)}$$

$$h_m = 3.9\text{m}$$

La altura manométrica de bombeo, se obtiene mediante una simple deducción de la figura N° 3.8, multiplicado por un coeficiente de seguridad de 10%.

$$\sum H = (H_{\text{Topografica}} + h_f + h_m)(1.10)$$

$$\sum H = (81.89 + 16.23 + 3.9\text{m})(1.10)$$

$$\sum H = 102.02\text{m}$$

### 3.1.5.6. POTENCIA DEL EQUIPO DE BOMBEO.

La potencia de la bomba se calcula mediante la fórmula:

$$P = \frac{\gamma QH}{75n_B}$$

Dónde:

- P: Potencia Hidráulica en Kg.m/s
- $\gamma$ : Peso específico del fluido en Kg/m<sup>3</sup>, ( $\gamma = \rho \cdot g$ )
- Q: Caudal o Gasto en m<sup>3</sup>/s
- H: es la energía total con respecto al plano de referencia en m.
- $n_B = 0.75$  (eficiencia del grupo de bombeo)

$$P = (1000\text{kg/m}^3)(9.81\text{m/s}^2)(0.0699\text{m}^3/\text{s})(102.02\text{m})$$

$$P = 69,957.05 \frac{\text{Kg.m}^2}{\text{seg}^3}$$

Se sabe que:  $1W = \frac{\text{Kg.m}^2}{\text{seg}^3}$

Considerando la equivalencia:  $1W = \frac{1J}{s} = \frac{1N \times m}{s} = \left( \frac{1\text{Kg} \times m}{s^2} \right) \times \frac{1m}{s} = \frac{\text{Kg.m}^2}{\text{seg}^3}$

Entonces se tiene: 1HP = 745W

$$P = \frac{69,957.05}{745} = 93.9\text{HP}$$

$$P_{\text{real}} = \frac{93.9}{0.75}$$

$$P = 125.2\text{HP} \cong 130\text{HP}$$

Para bombearlas aguas servidas purificadas hacia el reservorio, lo cual se recomienda una potencia de 130 HP, con una altura dinámica de 102.02 m.

### 3.1.5.7. COMPROBACION DEL DISEÑO DE TUBERIAS.

Para la comprobación de la tubería, simplificaremos la fórmula de Moody – Colebrook, con el objetivo de obtener la velocidad, que es de mucha importancia para el diseño del volumen del reservorio.

$$V = \frac{-2\sqrt{2gdh_f}}{\sqrt{f}} \times \log \left( \frac{k}{3.7D} + \frac{2.51u\sqrt{f}}{D\sqrt{2gdh_f}} \right)$$

Dónde:

- $h_f$ : Pérdida de carga
- $\nu$ : viscosidad cinemática (1.003 E-6 m<sup>2</sup>/s para el agua).
- $L$ : Longitud de la tubería (m)
- $D$ : diámetro de la tubería
- $K$ : Rugosidad Absoluta

Para este caso se tiene que conocer todas las características de la tubería en el Cuadro N° 3.29.

**Cuadro N° 3.29: Características de la Tubería.**

<b>DATOS</b>		
<b>Características de la tubería</b>		
<b>d</b>	0.2032	m
<b>L</b>	1018.5	m
<b>Ks</b>	0.0000015	m
<b>Accesorios</b>		
<b>Km</b>	18.32	
<b>Características Topográficas</b>		
<b>H</b>	81.89	m
<b>Z</b>	0	m
<b>Características del fluido</b>		
$\rho$	998.2	Kg/m <sup>3</sup>
$\nu$	1.003E-06	m <sup>2</sup> /s
$\mu$	0.001005	Pa.s
<b>Otros</b>		
<b>E</b>	0.001	
<b>g</b>	9.81	m/s <sup>2</sup>

Fuente: Elaboración Propia.

Mediante una hoja de cálculo de Excel obtenemos la velocidad,  $h_f$ ,  $h_m$ :

**Cuadro N° 3.30: Iteraciones para la obtención de la velocidad, hf, hm**

H	Ks/d	hf <sub>i</sub>	v	hm	hf <sub>i+1</sub>
(m)	(-)	(m)	(m/s)	(m)	(m)
81.89	7.38E-06	81.8900	5.2320	25.5597	56.3303
81.89	7.38E-06	56.3303	4.2688	17.0156	64.8744
81.89	7.38E-06	64.8744	4.6098	19.8425	62.0475
81.89	7.38E-06	62.0475	4.4994	18.9036	62.9864
81.89	7.38E-06	62.9864	4.5364	19.2151	62.6749
81.89	7.38E-06	62.6749	4.5241	19.1117	62.7783
81.89	7.38E-06	62.7783	4.5282	19.1460	62.7440
81.89	7.38E-06	62.7440	4.5269	19.1346	62.7554
81.89	7.38E-06	62.7554	4.5273	19.1384	62.7516
81.89	7.38E-06	62.7516	4.5272	19.1371	62.7529
81.89	7.38E-06	62.7529	4.5272	19.1375	62.7525

Fuente: Elaboración Propia.

Los Resultado de las 10 iteraciones se tiene:

- $f = 0.0138$
- $h_f = 62.7525 \text{ m}$
- $h_m = H - h_f = 81.89 - 62.7525 = 19.1375 \text{ m}$
- $V = 4.52 \text{ m/s}$

Por continuidad, calculamos el caudal que pasa a través por la tubería.

$$Q = Vx \frac{\pi x D^2}{4}$$

$$Q = 4.52 \text{ m/sx} \frac{\pi x (0.2032 \text{ m})^2}{4}$$

$$Q = 0.146 \text{ m}^3/\text{s} = 146.0 \text{ l/s}$$

Por tanto se tiene el caudal de diseño final, con que será bombeado desde la Planta de Tratamiento hasta el reservorio u tanque de regulación,  $Q = 146.0$  l/s, y la tubería PVC será de un diámetro comercial de 8" y clase de tubería C-7.5 fabricados bajo la forma NTP ISO 4422, se indican en el Cuadro N° 1.28 correspondiente al capítulo I.

### 3.1.6. VOLUMEN DEL RESERVORIO

Para el cálculo de volumen de reservorio, se tendrá en cuenta las necesidades hídricas de las áreas verdes, como así las horas de bombeo siendo de 4 horas y se recomienda desde las 10 pm – 2 am, debido a que la electricidad es económica.

$$Q_b = 0.0699 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$V = 0.0699 \text{ m}^3/\text{s} \cdot \left( \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \right) (4 \text{ horas})$$

$$V = 1006.0 \text{ m}^3$$

El volumen asumido es de  $1000 \text{ m}^3$ , y será de sección circular cuyas dimensiones son:

$$V = A_{\text{base}} \cdot h$$

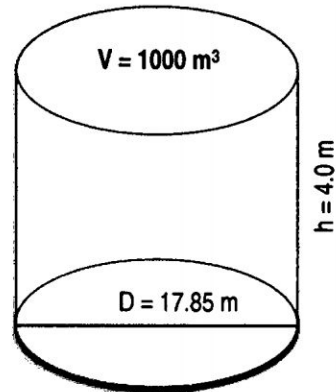
$$V = \frac{\pi D^2}{4} \cdot h$$

Reemplazando los valores en esta fórmula se obtiene:

$$1000 \text{ m}^3 = \frac{\pi D^2}{4} \cdot 4.0 \text{ m}$$

$$D^2 = 636.6 \text{ m}$$

$$D = 17.84 \text{ m} \approx 17.85 \text{ m}$$



**Figura N° 3.9: Dimensionamiento del Reservorio Circular**

### **3.1.7. DISEÑO HIDRÁULICO DE LA RED DE DISTRIBUCIÓN**

Para el diseño hidráulico de la Red de Distribución, es necesario contar con un levantamiento topográfico de la zona objeto de estudio, para el presente caso se cuenta con un levantamiento topográfico de la Ciudad Universitaria con curvas de nivel a cada metro, donde se obtendrán directamente los datos de cotas topográficas de cada uno de los nodos conformantes de la red de distribución.

Las cotas de los nodos, longitudes de la tubería se muestra en el Cuadro N° 3.30, nótese que la cota del terreno es diferente a la cota del nodo, pues la cota del nodo es la resultante de la diferencia entre la cota del terreno, menos 1.10 m de zanja. Con la proyecto se tiene 4001.75 ml de tubería.

**Cuadro N 3.31: Longitudes de los tramos de tuberías de la red de distribución y datos altimétricos de los nodos**

TRAMO		LONGITUD (m)	COTA DEL TERRENO		COTA DEL NODO	
			INICIAL	FINAL	INICIAL	FINAL
N-1	N-2	80.2	2,731.81	2,734.00	2,730.81	2,733.00
N-2	N-3	161.69	2,734.00	2,740.42	2,733.00	2,739.42
N-4	N-5	324.39	2,728.81	2,736.76	2,727.81	2,735.76
N-6	N-7	266.31	2,735.83	2,738.72	2,734.83	2,737.72
N-8	N-9	57.31	2,737.46	2,742.31	2,736.46	2,741.31
N-9	N-10	90.33	2,742.31	2,741.36	2,741.31	2,740.36
N-10	N-11	185.12	2,741.36	2,737.33	2,740.36	2,736.33
N-11	N-7	105.24	2,737.33	2,738.72	2,736.33	2,737.72
N-7	N-5	184.91	2,738.72	2,736.76	2,737.72	2,735.76
N-5	N-3	127.23	2,736.76	2,740.42	2,735.76	2,739.42
N-3	N-18	90.58	2,740.42	2,742.93	2,739.42	2,741.93
N-12	N-13	106.98	2,730.71	2,733.40	2,729.71	2,732.40
N-13	N-14	72.43	2,733.40	2,735.98	2,732.40	2,734.98
N-14	N-15	52.44	2,735.98	2,737.82	2,734.98	2,736.82
N-15	N-16	93.94	2,737.82	2,742.69	2,736.82	2,741.69
N-16	N-17	49.9	2,742.69	2,741.60	2,741.69	2,740.60
N-17	N-18	31.36	2,741.60	2,742.93	2,740.60	2,741.93
N-18	N-19	6.8	2,742.93	2,742.72	2,741.93	2,741.72
N-19	N-20	271.18	2,742.72	2,756.60	2,741.72	2,755.60
N-20	N-24	109.05	2,756.60	2,762.27	2,755.60	2,761.27
N-21	N-22	294.95	2,740.00	2,745.66	2,739.00	2,744.66
N-22	N-23	138.32	2,745.66	2,747.80	2,744.66	2,746.80
N-23	N-24	337.32	2,747.80	2,762.27	2,746.80	2,761.27
N-24	N-25	389.81	2,762.27	2,800.94	2,761.27	2,799.94
N-26	N-27	53.84	2,804.61	2,806.42	2,803.61	2,805.42
N-27	N-28	66.8	2,806.42	2,811.12	2,805.42	2,807.12
N-28	N-29	70.63	2,811.12	2,808.00	2,807.12	2,807.00
N-29	N-30	59.06	2,808.00	2,808.65	2,807.00	2,807.65
N-25	N-31	47.9	2,800.94	2,810.50	2,799.94	2,809.50
RESERVORIO	N-31	28.5	2812.82	2,810.50	2,812.82	2,809.50
N-30	N-31	47.23	2,808.65	2,810.50	2,807.65	2,809.50

Fuente: Wáter CAD V8i

Los caudales de cada Nodo a determinar, lo realizaremos mediante cálculos prácticos, y se adjunta un plano de la red de distribución, para lo cual comenzaremos de los últimos nodos expuestas para el riego.

$$Q_{\text{nodo}} = \text{Modulo de riego} \times \text{Area a regar} \quad (\text{Ecuación N° 3.9})$$

En el siguiente cuadro se detalla el cálculo del caudal de cada nodo, utilizando la Ecuación N° 3.9, determinándose los valores de las columnas del modo siguiente.

- Columna N° 01: Corresponde a la identificación del tramo a calcular.
- Columna N° 02: Caudal de necesidad de las áreas verdes, dato obtenido del cuadro N° 3.25.
- Columna N° 03: Áreas tributarias a regar por cada nodo.
- Columna N° 04: Áreas tributarias acumuladas a regar por cada nodo.
- Columna N° 05: Gasto de diseño; este gasto se determina en función a los gastos acumulados por tramo, recomendándose iniciar el cálculo por el tramo inicial.

**Cuadro N° 3.32: Calculo del caudal (m3/s) de la red de distribución – Sistema ramificado.**

NUDO	Q necesidad de las áreas verdes (l/s/has)	Área (m2)	Áreas tributarias Acumuladas (m2)	Caudal (LPS)
1	2	3	4	5
N-1	0.75	2432.51	2432.51	0.18
N-2	0.75	5738.93	8171.44	0.61
N-3	0.75	10789.61	77415.95	5.81
N-4	0.75	5404.37	5404.37	0.41
N-5	0.75	21444.90	58454.90	4.38
N-6	0.75	3165.27	3165.27	0.24
N-7	0.75	21342.36	31605.63	2.37

N-8	0.75	7098.00	7098.00	0.53
N-9	0.75	0.00	7098.00	0.53
N-10	0.75	0.00	7098.00	0.53
N-11	0.75	0.00	7098.00	0.53
N-12	0.75	4413.94	4413.94	0.33
N-13	0.75	6498.31	10912.25	0.82
N-14	0.75	2626.84	13539.09	1.02
N-15	0.75	1909.03	15448.12	1.16
N-16	0.75	343.68	15791.80	1.18
N-17	0.75	0.00	15791.80	1.18
N-18	0.75	0.00	93207.74	6.99
N-19	0.75	0.00	93207.74	6.99
N-20	0.75	5695.52	98903.26	7.42
N-21	0.75	3524.12	3524.12	0.26
N-22	0.75	6380.26	9904.38	0.74
N-23	0.75	6736.94	16641.32	1.25
N-24	0.75	0.00	115544.58	8.67
N-25	0.75	10031.84	125576.42	9.42
N-26	0.75	4965.48	4965.48	0.37
N-27	0.75	5673.94	10639.42	0.80
N-28	0.75	5324.48	15963.90	1.20
N-29	0.75	6180.24	22144.14	1.66
N-30	0.75	7780.63	29924.77	2.24
N-31	0.75	0.00	155501.19	11.66
R	0.75	0.00	155501.19	11.66

Fuente: Wáter CAD V8i

Por tanto el reservorio con una capacidad de 11.66 lps satisface la demanda de las áreas verdes.

En cuanto a los diámetros en las tuberías se calculara mediante la fórmula de (Hazen – Williams), para ello se tendrá en cuenta el caudal, y pendiente topográfica entre los nodos.

$$D = (0.349 * Q * S^{-0.5761})^{0.369}$$

Dónde:

- D: diámetro en pulgadas.
- Q: Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s)
- S: Pendiente topográfica (%)

Los resultados del cálculo del diámetro se muestran en el Cuadro N° 3.33, determinándose los valores de las columnas del modo siguiente:

- Columna N° 01: Corresponde a la identificación del tramo a calcular.
- Columna N° 02: Longitud del tramo en metros.
- Columna N° 03: Cota del nodo (m.s.n.m)
- Columna N° 04: Diferencia de altura entre la cota final e inicial.
- Columna N° 05: Pendiente topográfica entre la diferencia de altura y la longitud.
- Columna N° 06: Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s)
- Columna N° 07: Diámetro obtenido mediante la aplicación de la formula (Hazen – Williams).
- Columna N° 08: Diámetro comercial asumido.

**Cuadro N° 3.33: Calculo del Diámetro (") de la red de distribución – Sistema ramificado.**

TRAMO		LONGITUD (m)	COTA DEL NODO		DIFERENCIA DE ALTURA (m)	PENDIENTE TOPOGRAFICA (por mil)	CAUDAL (m <sup>3</sup> /s)	DIAMETRO (")	DIAMETRO ASUMIDO
			INICIAL	FINAL					
1	2	3		4	5	6	7	8	
N-1	N-2	80.2	2,730.81	2,733.00	2.19	27.3067	0.000182	0.55	1"
N-2	N-3	161.69	2,733.00	2,739.42	6.42	39.7056	0.000613	0.80	1"
N-4	N-5	324.39	2,727.81	2,735.76	7.95	24.5075	0.005806	2.02	1"
N-6	N-7	266.31	2,734.83	2,737.72	2.89	10.8520	0.000405	0.90	1"
N-8	N-9	57.31	2,736.46	2,741.31	4.85	84.6275	0.004384	1.40	1"
N-9	N-10	90.33	2,741.31	2,740.36	0.95	10.5170	0.000237	0.74	1"
N-10	N-11	185.12	2,740.36	2,736.33	4.03	21.7697	0.002370	1.49	1"

N-11	N-7	105.24	2,736.33	2,737.72	1.39	13.2079	0.000532	0.96	1"
N-7	N-5	184.91	2,737.72	2,735.76	1.96	10.5998	0.000532	1.00	1"
N-5	N-3	127.23	2,735.76	2,739.42	3.66	28.7668	0.000532	0.81	1"
N-3	N-18	90.58	2,739.42	2,741.93	2.51	27.7103	0.000532	0.82	1"
N-12	N-13	106.98	2,729.71	2,732.40	2.69	25.1449	0.000331	0.70	1"
N-13	N-14	72.43	2,732.40	2,734.98	2.58	35.6206	0.000818	0.91	1"
N-14	N-15	52.44	2,734.98	2,736.82	1.84	35.0877	0.001015	0.99	1"
N-15	N-16	93.94	2,736.82	2,741.69	4.87	51.8416	0.001159	0.95	1"
N-16	N-17	49.9	2,741.69	2,740.60	1.09	21.8437	0.001184	1.15	1"
N-17	N-18	31.36	2,740.60	2,741.93	1.33	42.4107	0.001184	1.00	1"
N-18	N-19	6.8	2,741.93	2,741.72	0.21	30.8824	0.006991	2.06	2"
N-19	N-20	271.18	2,741.72	2,755.60	13.88	51.1837	0.006991	1.85	2"
N-20	N-24	109.05	2,755.60	2,761.27	5.67	51.9945	0.007418	1.89	2"
N-21	N-22	294.95	2,739.00	2,744.66	5.66	19.1897	0.000264	0.68	1"
N-22	N-23	138.32	2,744.66	2,746.80	2.14	15.4714	0.000743	1.04	1"
N-23	N-24	337.32	2,746.80	2,761.27	14.47	42.8970	0.001248	1.02	1"
N-24	N-25	389.81	2,761.27	2,799.94	38.67	99.2022	0.008666	1.74	2"
N-26	N-27	53.84	2,803.61	2,805.42	1.81	33.6181	0.009418	2.26	2"
N-27	N-28	66.8	2,805.42	2,807.12	1.70	25.4491	0.000372	0.73	2"
N-28	N-29	70.63	2,807.12	2,807.00	0.12	1.6990	0.000798	1.72	2"
N-29	N-30	59.06	2,807.00	2,807.65	0.65	11.0058	0.001197	1.34	2"
N-25	N-31	47.9	2,799.94	2,809.50	9.56	199.5825	0.001661	0.82	2"
RESERV.	N-31	28.5	2,812.82	2,809.50	3.32	116.4912	0.002244	1.02	2"
N-30	N-31	47.23	2,807.65	2,809.50	1.85	39.1700	0.011663	2.37	2"

Fuente: Wáter CAD V8I

Como se observa en el cuadro, los diámetros a utilizar son de 1" y 2" PVC C-7.5.

En cuanto a la velocidad obtendremos mediante la fórmula:

$$V = 1.9735 \cdot \frac{Q \text{ diseño}}{D^2} \quad (\text{Ecuación N}^\circ 3.10)$$

Dónde:

- D: diámetro en (m).
- Q: Caudal de diseño (m3/s)

- V: Velocidad del tramo.

Los resultados del cálculo de la velocidad se muestran en el Cuadro N° 3.34, determinándose los valores de las columnas del modo siguiente:

- Columna N° 01: Corresponde a la identificación del tramo a calcular.
- Columna N° 06: Caudal de diseño (m<sup>3</sup>/s)
- Columna N° 07: Diámetro obtenido mediante la aplicación de la fórmula (Hazen – Williams).
- Columna N° 08: Diámetro comercial asumido.
- Columna N° 09: Velocidad (m/s), obtenido a partir de la ecuación N° 3.10.

**Cuadro N° 3.34: Cálculo de la Velocidad (m/s) en la red de distribución – Sistema ramificado.**

TRAMO		CAUDAL (m <sup>3</sup> /s)	DIAMETRO (")	DIAMETRO ASUMIDO	VELOCIDAD (m/s)
1		6	7	8	9
N-1	N-2	0.000182	0.55	1"	0.010
N-2	N-3	0.000613	0.80	1"	0.040
N-4	N-5	0.005806	2.02	1"	0.020
N-6	N-7	0.000405	0.90	1"	0.010
N-8	N-9	0.004384	1.40	1"	0.030
N-9	N-10	0.000237	0.74	1"	0.060
N-10	N-11	0.002370	1.49	1"	0.090
N-11	N-7	0.000532	0.96	1"	0.120
N-7	N-5	0.000532	1.00	1"	0.260
N-5	N-3	0.000532	0.81	1"	0.520
N-3	N-18	0.000532	0.82	1"	0.880
N-12	N-13	0.000331	0.70	1"	0.020
N-13	N-14	0.000818	0.91	1"	0.060

N-14	N-15	0.001015	0.99	1"	0.120
N-15	N-16	0.001159	0.95	1"	0.180
N-16	N-17	0.001184	1.15	1"	0.250
N-17	N-18	0.001184	1.00	1"	0.310
N-18	N-19	0.006991	2.06	2"	1.580
N-19	N-20	0.006991	1.85	2"	1.960
N-20	N-24	0.007418	1.89	2"	2.370
N-21	N-22	0.000264	0.68	1"	0.010
N-22	N-23	0.000743	1.04	1"	0.060
N-23	N-24	0.001248	1.02	1"	0.120
N-24	N-25	0.008666	1.74	2"	2.970
N-26	N-27	0.009418	2.26	2"	0.020
N-27	N-28	0.000372	0.73	2"	0.060
N-28	N-29	0.000798	1.72	2"	0.130
N-29	N-30	0.001197	1.34	2"	0.220
N-25	N-31	0.001661	0.82	2"	3.480
RESERV.	N-31	0.002244	1.02	2"	4.470
N-30	N-31	0.011663	2.37	2"	0.340

Fuente: Wáter CAD V8i

En cuanto a la presión, lo obtendremos de las hojas de cálculo del programa WATER CAD.

Los resultados del cálculo de la Presión se muestran en el cuadro N° 3.35, determinándose los valores de las columnas del modo siguiente:

- Columna N° 01: Corresponde a la identificación del tramo a calcular.
- Columna N° 02: Cota del Nodo (m.s.n.m)
- Columna N° 03: Cota Piezometrica (m.s.n.m)
- Columna N° 04: Presión (mH<sub>2</sub>O), obtenido de la diferencia de la Cota Piezometrica y Cota del nodo.

**Cuadro N° 3.35: Calculo de la Presión (m H2O) en la red de distribución – Sistema ramificado.**

<b>NUDO</b>	<b>COTA DE NODO (m)</b>	<b>GRADIENTE HIDRAULICO (m)</b>	<b>PRESION (m H2O)</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
N-31	2,809.50	2,811.92	2.4
N-30	2,807.65	2,811.88	4.2
N-29	2,807.00	2,811.86	4.8
N-28	2,807.12	2,811.85	4.7
N-27	2,805.42	2,811.85	6.4
N-26	2,803.61	2,811.85	8.2
N-25	2,799.94	2,809.15	9.2
N-24	2,761.27	2,792.46	31.1
N-23	2,746.80	2,792.42	45.5
N-22	2,744.66	2,792.41	47.7
N-21	2,739.00	2,792.41	53.3
N-20	2,755.60	2,789.38	33.7
N-19	2,741.72	2,783.98	42.2
N-18	2,741.93	2,783.89	41.9
N-17	2,740.60	2,783.87	43.2
N-16	2,741.69	2,783.85	42.1
N-15	2,736.82	2,783.83	46.9
N-14	2,734.98	2,783.82	48.7
N-13	2,732.40	2,783.82	51.3
N-12	2,729.71	2,783.82	54
N-11	2,736.33	2,783.17	46.7
N-10	2,740.36	2,783.15	42.7
N-9	2,741.31	2,783.15	41.8
N-8	2,736.46	2,783.15	46.6
N-7	2,737.72	2,783.18	45.4
N-6	2,734.83	2,783.18	48.2
N-5	2,735.76	2,783.26	47.4

N-4	2,727.81	2,783.26	55.3
N-3	2,739.42	2,783.48	44.0
N-2	2,733.00	2,783.48	50.4
N-1	2,730.81	2,783.48	52.6

Fuente: Wáter CAD V8i

En el presente trabajo de investigación, considera el uso de tuberías de poli cloruro vinicula (PVC) C-7.5 (presión máxima de trabajo de 70 m de columna de agua, y con el fin de dotar presiones adecuadas a las áreas verdes, se ha impuesto una presión mínima de 30 m.c.a en la red<sup>1</sup>.

Para la solución de la red objeto del diseño hidráulico en el presente trabajo, se ha de utilizar el método de gradiente hidráulico, pérdidas por fricción, serán parte del proceso de solución, empleando para tal fin la fórmula de Darcy – Weisbach, en conjunto con la fórmula de White – Colebrook. Así mismo, se utilizó el programa **WATERD CAD V8i** es un software integrado bajo Windows, para la edición de los datos de entrada a la red, la realización de simulaciones hidráulicas y de la calidad de agua, y la visualización de resultados en una amplia variedad de formatos, entre estos incluye mapas de la red codificados por colores.

### **3.2. PROPUESTA DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

En el presente trabajo de tesis, se expondrán una propuesta definitiva que están acorde a las topográficas y medioambiente existentes en la Ciudad Universitaria para la instalación de la Planta de Tratamiento de Aguas residuales.

De tal manera se realizó un seguimiento a las diferentes líneas de alcantarillado que reciben las aguas residuales provenientes de los diversos servicios sanitarios de las

---

<sup>1</sup> En el mercado peruano existen tuberías de clase 7.5, 10, 15; que corresponden a presiones máximas de 75, 100, 150 metros de columna de agua.

dependencias que se encuentran dentro de la ciudad universitaria y se analizó el mejor sistema factible para poder recaudar el agua residual. En el plano N° L – 02, se muestra la red de alcantarillado seleccionada para trasladar el agua residual hacia la planta de tratamiento de aguas proyectada.

### **3.2.1. UBICACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES**

El área del proyecto de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, se encuentra ubicado al Nor-Este de las instalaciones de la UNSCH, a una cota de 2731.11 msnm. Esta área se encuentra entre los límites del Laboratorio de la Escuela de Ingeniería Civil y las Losas Deportivas. Además se dispondrá según los cálculos obtenidos un área libre requerida de 1011.65 m<sup>2</sup> aproximadamente, tal como se muestra en la Figura 3.10.

### **3.2.2. AREA REQUERIDA DE CADA COMPONENTE**

Los componentes de la Planta de Tratamiento estarán bajo tierra, para prevenir cualquier contacto con las personas que circulen en esa área, además evitar problemas ambientales.

Se propone la instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales, la cual utiliza un sistema de tratamiento biológico, según al análisis de aguas residuales de la Ciudad Universitaria obtenido en el laboratorio de la Facultad de Ciencias Biológicas y  
**ENVIROMENTAL.**

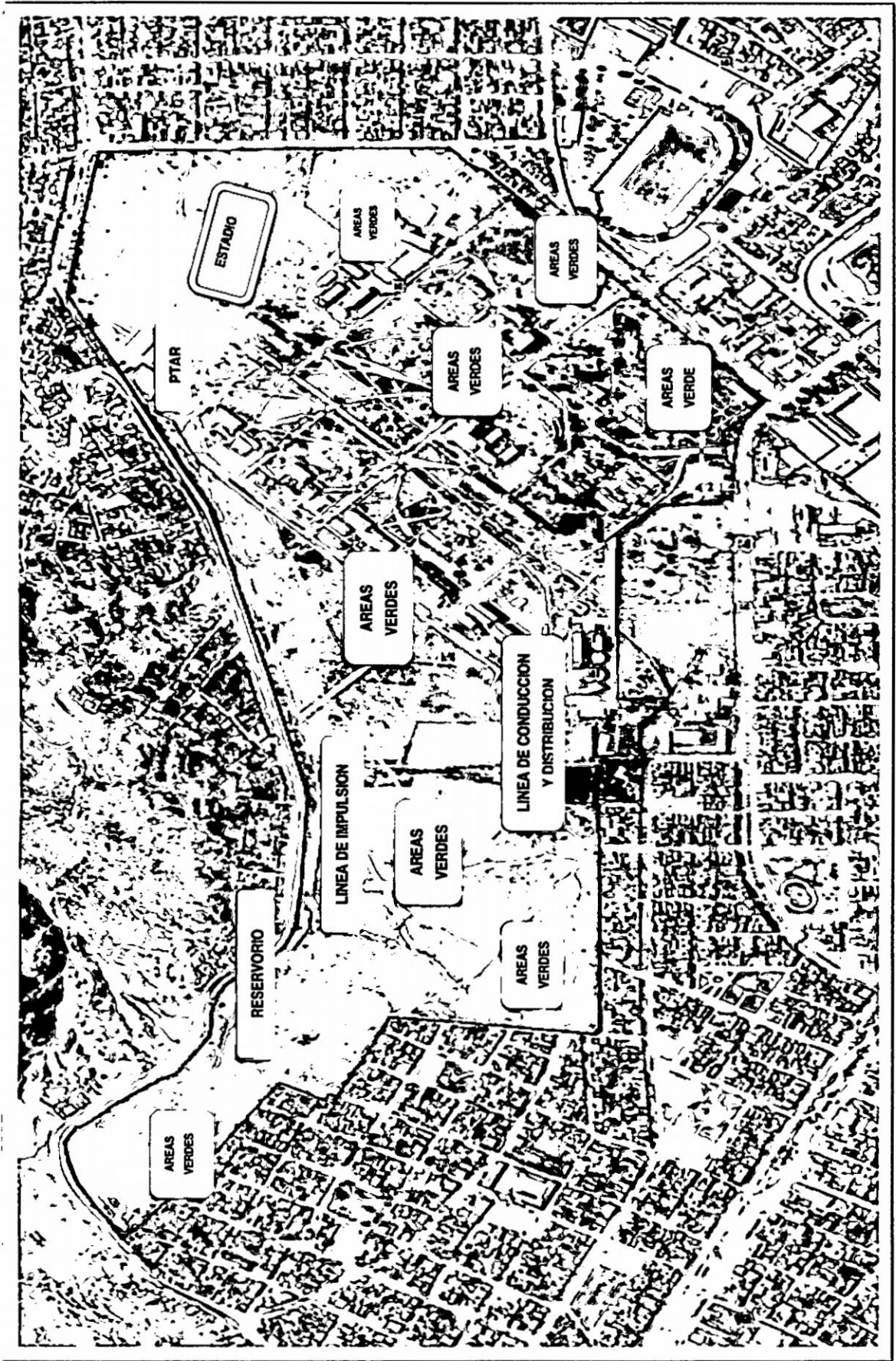


FIGURA Nº 3.10: UBICACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES, DISTRIBUCIÓN DE LA RED Y RESERVORIO.

Los componentes a de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales, se divide en el siguiente Cuadro N° 3.36.

**Cuadro N° 3.36: Componentes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales y sus respectivas áreas.**

COMPONENTE	DIMENSIONES		AREA UTIL	AREA REQUERIDA
	Largo	Ancho		
Cámara de rejas	4.00	0.3	1.20 m2	1.50 m2
Desarenador	4.40	1.10	4.84 m2	5.00 m2
Tanque Imhoff	10.60	5.05	53.53 m2	58.00 m2
Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente	50.0	10.0	500.00 m2	550.00 m2
Filtros Percolador Biológico	36.5	10.0	365.00 m2	400.00 m2
Lecho de Secado	35.0	10.0	350.00 m2	400.0 m2
<b>TOTAL</b>			<b>1274.57 m2</b>	<b>1414.50 m2</b>

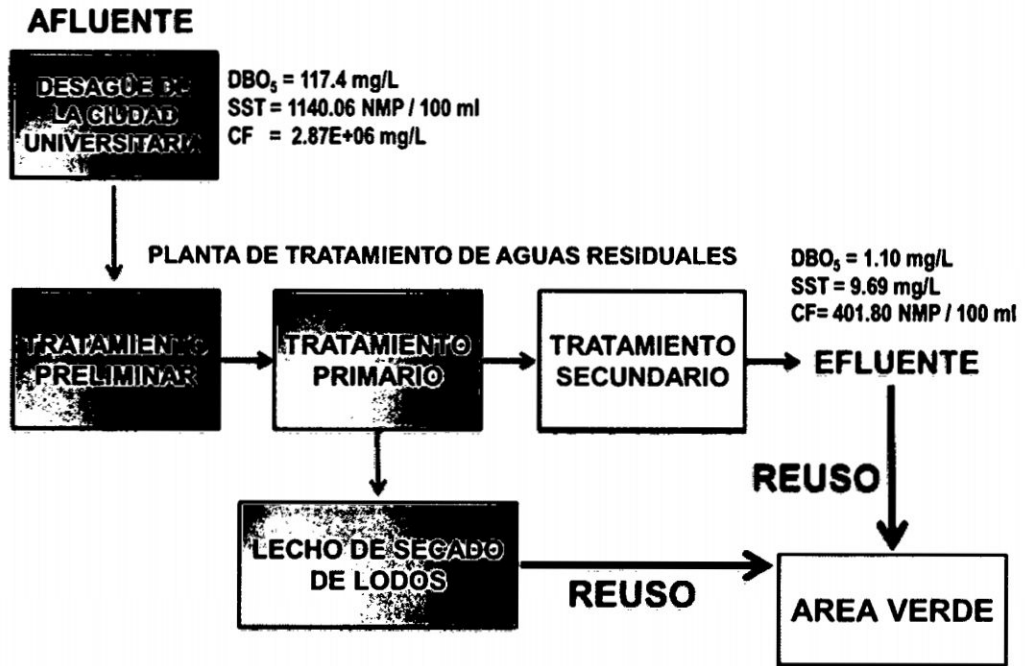
Fuente: Elaboración Propia.

Todo procedimiento de diseño consiste en el análisis ingenieril del diagrama de flujo apropiado para tratar las aguas residuales y obtener un efluente de las características sanitarias respetando los Estándares de Calidad Ambiental de Agua y los Límites Máximos Permisibles, reguladas por las entidades correspondientes como: Ministerio del Ambiente, Autoridad Nacional del agua, SUNASS, Ministerio de Salud (DIGESA) y como entidad Local EPSASA.

### 3.2.3. SELECCIÓN DEL PROCESO SINTESIS Y ANALISIS.

En el Esquema N° 3.1, se muestra el diagrama de operaciones que concierne el tratamiento. Se ha elaborado tomando en consideración los conceptos fundamentales de síntesis y análisis de los procesos.

**Esquema N°3.1: Flujograma de la Planta de Tratamiento de Agua Residual generado en la Ciudad Universitaria.**



Fuente: Elaboración Propia.

A continuación explicaremos las fases de los tratamientos de la propuesta de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

### 3.2.3.1. TRATAMIENTO PRELIMINAR

El pre tratamiento de aguas residuales, se define como el proceso de eliminación de los constituyentes de las aguas residuales cuya presencia puede provocar problemas de mantenimiento y funcionamiento de los diferentes procesos, operaciones y sistemas auxiliares de la planta. Como ejemplos de pre tratamiento, se pueden citar, el desbaste y dilaceración para la eliminación de solidos gruesos y tratos, la flotación para la eliminación de la materia en suspensión grueso que pueda causar obstrucciones en los equipos y un desgaste excesivo de los mismos.

### **3.2.3.2. TRATAMIENTO PRIMARIO, REMOCION PARCIAL DE SOLIDOS SUSPENDIDOS Y LODOS.**

En el tratamiento primario se elimina una fracción de los sólidos en suspensión y de la materia orgánica del agua residual. Esta eliminación suele llevarse a cabo mediante operaciones físicas tales como el tamizado y sedimentación. El efluente del tratamiento primario suele contener una cantidad considerable de materia orgánica y un DBO alto. El rol del tratamiento primario continuara siendo el de previo al tratamiento secundario.

### **3.2.3.3. TRATAMIENTO SECUNDARIO**

El tratamiento secundario de las aguas residuales esta principalmente encaminado a la eliminación de los sólidos en suspensión y de los compuestos orgánicos biodegradables, aunque a menudo se incluye la desinfección como parte del tratamiento secundario.

### **3.2.4. DESCRIPCION DEL PROCESO.**

El proceso inicia con la operación de pre tratamiento de regulación de caudal y retención de los sólidos gruesos (papeles, plásticos y otros) mediante la rejilla con una abertura de 25 mm, respectivamente.

A continuación el agua proveniente de este sistema pasa por un desarenador, que remueve la mayor parte del material solido inorgánico (arena, grava), que de otra forma causaría problemas en el tratamiento primario. El agua pasa a un tanque Imhoff donde se descarga los sedimentos y materia orgánica.

Este tanque Imhoff es el corazón de la planta, es básicamente un tanque construido de tres compartimentos. El primero es una cámara de sedimentación, proveniente por

una tubería PVC de entrada, donde se removerán gran parte de los sólidos sedimentables.

Los sólidos se sedimentan deslizándose por las superficies lisas de las paredes inclinadas, atravesando la ranura de 0.5 cm (hacia abajo), para depositarse en la cámara de digestión, donde permanecen unos cuarenta (40) días, o hasta que sean bien digeridos. Los gases provenientes de la digestión suben por unas tuberías PVC, debido a que las paredes solapadas impiden su paso a través de las cámaras de sedimentación, asegurando así mejor rendimiento y con el fin de evitar los malos olores. Los sólidos digeridos se extraen bajo carga estática mediante la tubería de lodos, asegurándose de no extraer más del 30% del lodo, ya que la eficiencia del sistema depende de la cantidad de lodo acumulado.

El tiempo de vaciado del lodo se debe determinar durante la puesta en marcha del sistema. Estos lodos fluyen libremente gracias a la acción de la gravedad, hasta el lecho de secado, lugar donde posteriormente se secan para ser aprovechados y reuso como abono orgánico.

Finalmente, las aguas residuales provenientes del tanque Imhoff, va directamente a una etapa de filtración rápida través de un filtro mixto con una grava - arena, iniciándose con diámetros grandes y finalizando con los más pequeños, permitiendo que se filtre el agua pero reteniendo parte de sus nutrientes orgánicos en el lecho y su crecimiento bacteriano con el fin de descomponer la materia orgánica y de este modo se realiza también la recirculación es una forma de aumentar la inoculación, es decir, de ayudar a que los microorganismos se adhieran al medio filtrante, lo cual busca mejorar la eficiencia del tratamiento ya que disminuye aún más la carga

orgánica y aumenta la oxigenación final del efluente. Además, la recirculación evita la obstrucción del filtro y reduce los problemas derivados del olor y las moscas.

La finalidad es garantizar la calidad de agua requerida en el efluente final para su reúso de riego de áreas verdes.

### 3.2.5. CARACTERISTICAS DEL AGUA RESIDUAL

El caudal del colector de la red de alcantarillado es variable y con un promedio de 48.59 l/s, con una composición también variable, en base a los métodos de análisis físico, químico y biológico proporcionados por los laboratorios<sup>2</sup>. En el siguiente cuadro se presenta las características del agua residual obtenida.

**Cuadro N° 3.37: Composición del Agua Residual obtenida en la Ciudad Universitaria**

Parámetro	Unidad	Valor
Caudal	l/s	10.36
DBO <sub>5</sub>	mg/L	117.40
DQO	mg/L	329.0
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	2.87E+06
Coliformes Totales	NMP/100 ml	2.66E+06
Sólidos suspendidos totales	mg/L	1140.06
Aceites y Grasas	mg/L	1950.00
pH		7.32

Fuente: Elaboración Propia – Ensayo Laboratorio Facultad de Ciencias Biológicas – ENVIROLAB PERU SAC (Informe de Ensayo N° 805191).

Como se aprecia, la composición es típica, proveniente de desagües domésticos, los que se componen aproximadamente de un 99.9% de agua y 0.1% de sólidos en peso seco. Es decir, el líquido en sí, es nada más que un medio de transporte de las

<sup>2</sup> Laboratorio de la Facultad Ciencias Biológicas de la USNCH y Laboratorio ENVIROMENTAL.

innumerables sustancias orgánicas, inorgánicas y microorganismos eliminados por el hombre diariamente.

Con la instalación de la planta de tratamiento propuesto, se espera conseguir un funcionamiento regular, una estabilización completa del agua residual, sin olores de putrefacción en la planta y el efluente. En el cuadro N° 3.37, se presenta el rendimiento esperado.

**Cuadro N° 3.38: Rendimiento Esperado del tratamiento de aguas residuales.**

Parámetro	Unidad	Cantidad
DBO <sub>5</sub>	mg/L	1.10
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	401.80
SST	mg/L	9.69

Fuente: Elaboración Propia

De acuerdo a los Estándares de Calidad Ambiental de Agua y los Límites Máximos Permisibles establecidos por el Ministerio de Ambiente (MINAM), los parámetros de mayor incidencia son:

**Cuadro N° 3.39: Límites Máximos Permisibles establecidos por el Ministerio de Ambiente (MINAM)**

Parámetro	Unidad	Límite Máximo Permissible (LMP)
DBO <sub>5</sub>	mg/L	15.0
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	1000.0
SST	mg/L	150.0

Fuente: Ministerio del Ambiente.

De acuerdo a este Cuadro N° 3.39, comparando con los valores del Cuadro N° 3.38, se encuentra en el proceso efectivamente permitible para su reúso en el riego de las áreas verdes, por lo tanto se necesita un tratamiento de proceso biológico.

### 3.3. COSTOS DE INVERSION, OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO DE LAS PLANTAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA – UNSCH.

Los cálculos de inversión se han efectuado tomando en cuenta para un diseño de vida útil de 20 años, para los cuales se han considerado:

- Costo de Inversión de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.
- Costos de Operación y Mantenimiento.
- Costo de depreciación de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.

**Cuadro N° 3.40: Costo de Inversión de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.**

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P. U	Parcial S/.
1.0	Cámara de rejjas	Glb	1.0	100,000.00	100,000.00
2.0	Desarenador	Glb	1.0	100,000.00	100,000.00
3.0	Tanque Imhoff	Glb	1.0	600,000.00	600,000.00
4.0	FAFA*	Glb	1.0	600,000.00	600,000.00
5.0	Filtro Percolador Biológico	Glb	1.0	500,000.00	500,000.00
6.0	Lecho de Secado	Glb	1.0	300,000.00	300,000.00
<b>COSTO TOTAL</b>					<b>2,200,000.00</b>

Fuente: Elaboración Propia.

(\*) Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente

En el cuadro N° 3.40, se observa el costo de inversión de la construcción de la PTAR, lo cual se ejecutara a base de concreto armado siendo el costo aproximado de S/. 2, 200,000.00 nuevos soles.

**Cuadro N° 3.41: Costo de Operación y Mantenimiento de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales.**

Ítem	Descripción	Unidad	Cantidad	P.U	Parcial
1	Ingeniero supervisor ( 4d /mes)	Mes	12	1200	14,400.0
2	Vigilante turno día y noche	Mes	12	800	9,600.0
3	Operador encargado de mantenimiento permanente (2 personas)	Mes	12	1200	14,400.0
4	Encargado del control y funcionamiento (1persona 4 días/ mes)	Mes	12	600	7,200.0
5	Encargado mantenimiento general	Mes	12	600	7,200.0
6	Encargado de Control de efluentes (ensayos)	Glb	1	700	700.0
7	Energía eléctrica para oficina	Mes	12	25	300.0
8	Energía eléctrica para motores	Mes	12	700	8,400.0
9	Teléfono	Mes	12	90	1,080.0
10	Agua	Mes	12	40	480.0
11	Herramientas y utensilios, otros	Glb	1	500	500.0
12	Insumos Químicos(hipoclorito de calcio)	Mes	12	800	9,600.0
<b>COSTO TOTAL ANUAL</b>					<b>73,860.0</b>

Fuente: Elaboración Propia.

En el cuadro N° 3.41, se observa el costo de inversión de la operación y mantenimiento de la PTAR, que incluye los costos anuales de personal, materiales e insumos, energía y servicios, cuyo monto anual asciende S/. 73,860.00 nuevos soles.

**Cuadro N° 3.42: Costo de Producción de m3 de Agua Residual.**

Ítem	Descripción de Partidas	Und.	Ciudad Universitaria
1.0	Tecnología		PTAR
2.0	Caudal tratado (l/s)		54.4
3.0	Operación y mantenimiento	S/.	73,860
4.0	Producción de agua (m3/año)	S/.	1,693,457.28
5.0	Costo del agua por operación y mantenimiento (m3)	S/.	0.04
6.0	Inversión en la planta	S/.	2,200,000
7.0	Vida útil de la planta (años)	S/.	20
8.0	Depreciación de la planta (año)	S/.	110,000
9.0	Costo del agua por depreciación de la inversión (m3)	S/.	0.07
<b>10.0</b>	<b>Costo total del agua (m3)</b>	<b>S/.</b>	<b>0.11</b>

En el cuadro N° 3.42, se observa que el costo de producción de m3 de agua residual es de S/. 0.11, este costo es inferior al costo tarifario comercial de EPSASA, siendo la tarifa de agua de S/. 0.875, por tanto el ahorro de agua es de S/. 0.765 equivalente a un 87.42%.

#### **3.4. ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL**

La identificación y evaluación de impactos ambientales es parte fundamental del presente tesis; que sirve de punto de partida para establecer el Plan de Manejo Ambiental, donde se diseñarán las estrategias de conservación y protección del medio ambiente, potencialmente a ser afectado por la construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales. En el presente tesis, se ha realizado un análisis de las posibles implicancias ambientales que pudieran generarse, en el área de

influencia del Proyecto, como consecuencia de las actividades y obras que se ejecutarán en las etapas de planificación, construcción y operación.

#### **3.4.1. CRITERIOS CONSIDERADOS PARA LA EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES.**

Para la identificación y evaluación de los impactos ambientales, se ha utilizado la **Matriz de Leopold**, basada en la comparación de los diversos factores ambientales (filas) con las actividades del proyecto (columnas), durante las etapa de construcción; operación y mantenimiento; cierre y rehabilitación del Proyecto, a fin de llegar a la identificación de los impactos ambientales desde una perspectiva general a una perspectiva específica.

Asimismo, esta matriz permite identificar y evaluar los factores ambientales, que serán alterados y que generarán impactos ambientales directos e indirectos, benéficos y perjudiciales. En este desarrollo metodológico se tendrá en cuenta los impactos ambientales ocasionados por el proyecto sobre el medio ambiente y los generados por la nueva infraestructura propuesta.

Temáticamente, el entorno, está constituido por los elementos y procesos interrelacionados, los cuales pertenecen a los siguientes sistemas: Medio Físico, Medio Biológico, Medio Socioeconómico y Medio Cultural (este último está incluido en el Medio Socioeconómico) y de sus subsistemas (Medio Inerte, Medio Biótico, Medio Socio-Cultural, Medio Socio-Económico).

**Cuadro N° 3.43: Ponderación de la magnitud del Impacto**

Descripción	Pond.	Nivel de Incidencia
<b>Magnitud del Impacto</b>	1	Magnitud Despreciable
	2	Magnitud mínima
	3	Magnitud media
	4	Magnitud moderada
	5	Alta magnitud

Fuente: Luna B. Leopold. Evaluación de Impacto Ambiental.1971

**Cuadro N° 3.44: Ponderación de naturaleza del impacto**

Descripción	Pond.	Nivel de Incidencia
<b>Naturaleza del impacto</b>	-	Negativo
	+	Positivo

Fuente: Luna B. Leopold. Evaluación de Impacto Ambiental.1971

**Cuadro N° 3.45: Ponderación de Importancia del impacto**

Descripción	Pond.	Nivel de Incidencia.
<b>Importancia del impacto</b>		Significado elevado
		Significado medio
		Significado bajo
		Significado neutro

Fuente: Luna B. Leopold. Evaluación de Impacto Ambiental.1971

### 3.4.2. SELECCIÓN DE LOS COMPONENTES INTERACTUANTES.

Antes de proceder a identificar y evaluar los impactos del proyecto sobre el ambiente, es necesario realizar la selección de componentes interactuantes. Esto consiste en conocer y seleccionar las principales actividades del proyecto y el conjunto de elementos ambientales del entorno físico, socio económico y cultural que intervienen en dicha interacción.

En la selección de actividades se optó por aquellas que deben tener incidencia probable y significativa sobre los diversos componentes o elementos ambientales.

Del mismo modo, en lo concerniente a elementos ambientales se optó por aquellos de mayor relevancia ambiental. Así, los componentes interactuantes seleccionados son los siguientes:

#### **3.4.2.1. ACTIVIDADES RELEVANTES DEL PROYECTO.**

Para la identificación de las acciones o actividades que producen o pueden causar impactos se deben diferenciar los elementos y puntos del proceso dentro de la actividad potencialmente impactantes o contaminantes de manera estructurada atendiendo, entre otras, a los siguientes aspectos:

- ✓ Acciones que modifican el uso del suelo.
- ✓ Acciones que implican la emisión de contaminantes.
- ✓ Acciones derivadas del almacenamiento de los residuos.
- ✓ Acciones que actúan sobre el medio biótico.
- ✓ Acciones que dan lugar al deterioro del paisaje.
- ✓ Acciones que repercuten sobre la infraestructura.
- ✓ Acciones que modifican el entorno social, económico y cultural.
- ✓ Acciones derivadas del incumplimiento de la normativa medio ambiental vigente.

Para cada una de las etapas de un proyecto, especialmente en la fase de construcción y operación se han de identificar las actividades relevantes que potencialmente pueden impactar al ambiente y a la salud de la población y de los trabajadores.

**a. FASE DE CONSTRUCCIÓN.**

Se realizarán operaciones que se resumen en lo siguiente:

- ✓ Actividades de acondicionamiento de infraestructura de la PTAR (Obras civiles e hidráulicos).
  - Construcción de almacenes y campamentos
  - Trabajos de excavación y alteración de suelos
  - Gestión de residuos sólidos (Eliminación de material excedente de obra, escombros, material de demolición y diversos RRSS inertes)
  - Transporte y tráfico de materiales y excedente de obra por vehículos pesados
  - Uso de equipos y maquinaria
  - Interferencia de redes de servicios
  - Construcción de la PTAR
- ✓ Mejora de la capacidad de planificación y gestión ambiental.
  - Programa de capacitación para el manejo adecuado del proceso constructivo de la PTAR.
  - Elaboración de talleres de Sensibilización en Normatividad y Gestión del Medio Ambiente.

**b. FASE DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO**

Se realizarán operaciones que se resumen en lo siguiente:

- Composición urbanística, y paisajística
- Gestión de residuos sólidos
- Dispositivos visuales
- Tratamiento de aguas residuales para riego.

- Operación de la PTAR
- Impactos del entorno hacia el proyecto

**c. FASE DE CIERRE O ABANDONO**

Una vez concluido la construcción de la PTAR se prosigue con las siguientes actividades.

- Desmantelamiento de campamentos casetas y almacenes.
- Movilización de maquinarias.
- Traslado de material inservible.

**3.4.2.2. COMPONENTES AMBIENTALES QUE PODRÍAN SUFRIR IMPACTOS**

El siguiente cuadro de identificación y calificación de impactos describen los principales componentes socios ambientales potencialmente afectados y su interacción con las diversas actividades generadas durante las fases de obras y operación del complejo comercial.

**Cuadro N° 3.46: Componentes Ambientales**

<b>Sistema</b>	<b>Sub sistema</b>	<b>Componente Ambiental</b>
<b>Medio Físico</b>	Aire	Calidad del aire
		Nivel de ruido
	Suelo	Erosión
	Agua	Recurso agua
<b>Medio biológico</b>	Flora	Especies herbáceas
		Especies arbóreas
<b>Medio Socio, Cultural y económico</b>	Territorio	Condición de movilidad en el Área de Influencia
		Transeúntes del Área de Influencia
		Aspecto Urbanístico y Arquitectónico del Área de Influencia
	Infraestructura	Suelos, pavimentos

	Salud	Salud ocupacional seguridad e higiene
	Cultural y socio económico	Estudiantes en el área de influencia directa
		Puestos de Trabajo

Fuente: Luna B. Leopold. Evaluación de Impacto Ambiental. – Elaboración Propia.

### **3.4.3. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE POTENCIALES IMPACTOS AMBIENTALES.**

Para efectuar la evaluación de impactos se consideran: el marco legal, los componentes ambientales afectados, las principales fuentes de contaminación identificadas, analizadas y cuantificadas por el estudio y las interacciones proyecto con el entorno.

Cumplido el proceso de selección de elementos interactuantes, se prosigue con la identificación de impactos ambientales. A continuación se identifican las actividades e impactos o efectos ambientales que se presenten durante la ejecución, operación y mantenimiento y fase de cierre de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en la Ciudad Universitaria – UNSCH.



### 3.4.4. ANÁLISIS DE LA MATRIZ DE LEOPOLD

Para determinar cuáles serán los impactos positivos y negativos más importantes que se puedan dar durante la ejecución del proyecto, se han considerado los elementos relevantes (puntajes más significativos obtenidos de la matriz de impacto, dentro de cada fase: Fase de Habilitación, Fase de Construcción, Fase de Operación & Mantenimiento y Fase de Cierre o Abandono, siendo estos evaluados según su magnitud que puedan darse sobre el medio ambiente y la importancia que puedan suscitar dentro de cada actividad, según el período en que estos son efectuados. Detallamos a continuación los impactos más significativos, producidos en cada fase del proyecto:

#### A. Fase de Construcción:

Los impactos negativos más significativos producidos de las actividades hacia el ambiente son:

- Suelos, pavimentos (-25)
- Calidad del aire (-21)
- Nivel de ruido (-19)
- Erosión (-19)
- Salud ocupacional seguridad e higiene (-11)
- Recurso agua (-10)
- Especies herbáceas (-6)
- Especies arbóreas (-6)
- Transeúntes del Área de Influencia (-6)
- Condición de movilidad en el Área de Influencia (-5)
- Estudiantes en el área de influencia directa (-5)

Teniendo en consideración el entorno próximo del proyecto, destaca en magnitud e importancia la afectación física de infraestructura el entorno, y muy seguido se encuentra en magnitud importante el aire; será uno de los componentes más afectados dentro del ambiente y, esto sucede debido a que durante la ejecución de las obras, el movimiento de tierras, el traslado de maquinarias y la emisión de gases de las maquinarias, afectan su calidad y por ende la calidad de vida de las personas cercanas al proyecto. Asimismo, el incremento en los niveles de ruidos, se originara principalmente, por el funcionamiento equipos y maquinarias provenientes de la mayoría de actividades en la etapa de construcción de la PTAR. De la misma forma, la morfología del terreno tendrá un gran impacto ambiental, producto de las actividades de dragado, movimiento de tierras, y el traslado de maquinarias previstas en esta fase.

Los impactos positivos que se producirán por las actividades hacia el ambiente son:

- Puesto de trabajo (33)

Es importante considerar que el aspecto socio económico dentro de esta fase tendrá un impacto positivo considerable reflejado en el aumento de los ingresos en la población como resultado de la utilización de fuerza laboral local y del aumento del movimiento del mercado interno dentro de la localidad.

Evaluándose las actividades propias del proceso constructivo, se han determinado las posibles actividades más impactantes, serian:

- ✓ Trabajos de excavación y alteración de suelos (-23)
- ✓ Gestión de residuos sólidos (-23)

- ✓ Transporte y tráfico de materiales y excedente de obra (-28)
- ✓ Uso de equipos y maquinaria (-22)
- ✓ Construcción de la PTAR (-14)

**B. Fase de operación y mantenimiento:**

Los impactos negativos en esta etapa, que incidirán sobre el ambiente, son:

- Calidad del aire (-4)

En la etapa de operación y mantenimiento se producirá una afectación en la calidad de aire principalmente por la generación de partículas provenientes de la etapa de maduración de las plantas de tratamiento de aguas residuales habrá desprendimiento de malos olores, aunque este impacto será poco significativo.

Asimismo todos los procedimientos serán controlados por personal capacitado y entrenado.

Los impactos positivos más significativos que se producirán por las actividades hacia el ambiente son:

- Recurso agua (15)
- Aspecto Urbanístico y Arquitectónico del Área de Influencia (14)
- Estudiantes en el área de influencia directa (14)
- Puestos de Trabajo (11)
- Transeúntes del Área de Influencia (4)

El aspecto sanitario dentro de esta fase tiene un impacto positivo considerable; la cobertura de agua residual es mejorada y tratada y estarán debajo a los límites máximos permisibles para su reúso en las áreas verdes y así mismo contribuirá al

desarrollo paisajístico y urbano, a la calidad de vida y al estilo de vida de la población universitaria.

Evaluándose las actividades propias de la fase de operación y mantenimiento, se han determinado las posibles actividades más impactantes:

- |  |      |
|--|------|
| ✓ Tratamiento de aguas residuales para riego | (18) |
| ✓ Composición urbanística, y paisajística    | (14) |
| ✓ Dispositivos visuales                      | (12) |
| ✓ Operación de la PTAR                       | (9)  |
| ✓ Impactos del entorno hacia el proyecto     | (4)  |
| ✓ Gestión de residuos sólidos                | (-1) |

**c. Fase de Cierre o abandono:**

Los impactos negativos más significativos que se producirán por las actividades hacia el ambiente son:

- |   |      |
|---|------|
| - Calidad del aire                                | (-4) |
| - Nivel de ruido                                  | (-4) |
| - Condición de movilidad en el Área de Influencia | (-2) |
| - Transeúntes del Área de Influencia              | (-4) |
| - Salud ocupacional seguridad e higiene           | (-1) |
| - Estudiantes en el área de influencia directa    | (-1) |

Durante la fase de cierre y abandono, se han encontrado que existirán impactos relacionados directamente con el movimiento de tierra debido a la movilización de maquinaria, lo que generara material particulado e incidirá sobre la calidad del aire.

Además el uso maquinaria pesada para las actividades de cierre incrementara el ruido y el tráfico vehicular.

Evaluándose las actividades propias de la fase de cierre y abandono, se han determinado las posibles actividades más impactantes:

- ✓ Desmantelamiento de campamentos casetas y almacenes (-4)
- ✓ Movilización de maquinarias (-4)
- ✓ Traslado de material inservible (-6)

### **3.4.5. BENEFICIOS DEL PROYECTO**

Finalmente, es importante mencionar que la ejecución del proyecto traerá impactos positivos a nivel de la ciudad Universitaria - UNSCH, debido a que generara grandes volúmenes de agua residual para el reúso de las áreas verdes, así mismo reducirá el suministro mensual por concepto de consumo de agua y alcantarillado a la empresa EPSASA mas de un 50.0% del costo total.

Y generara cambios positivos en el paisaje universitario, ya que la presencia de las infraestructuras modernas, el acondicionamiento de las áreas verdes, ocasionara una alteración visual del panorama.

### **3.4.6. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL IMPACTO AMBIENTAL DE LA CIUDAD UNIVERSITARIA – UNSCH.**

#### **a) IMPACTO SOCIAL.**

##### **✓ Positivo**

- Empleos generados por la construcción, operación y mantenimiento de la planta.

- Protección de la salud de los consumidores de los productos generados con el uso de aguas residuales.

✓ **Negativo**

- Pérdida de valor de los terrenos aledaños si se presentan malos olores o molestias por el diseño incorrecto o inadecuada operación y mantenimiento de la planta de tratamiento.
- Efectos adversos a la salud de la comunidad universitaria por la falta o inadecuada aplicación de medidas de protección.

**b) IMPACTO ECONÓMICO**

✓ **Positivo**

- Costos más bajos por metro cubico tratado.
- Conservación de los nutrientes para los cultivos.
- Fertilización de suelos agrícolas con lodos tratados que contienen materia orgánica y minerales.

✓ **Negativo**

- Disminución de terrenos en la UNSCH para la construcción de la PTAR, debido a que la ciudad universitaria va creciendo en sus construcciones de los ambientes.
- Perdida de agua por evaporación e infiltración en las lagunas de estabilización.

**c) IMPACTO AMBIENTAL.**

✓ **Positivo**

- Disminución de la carga orgánica y microbiológica descargada al ambiente.
- Generación de entornos ecológicos y mantenimiento de la capacidad de reproducción del ecosistema y mejora del paisaje.

✓ **Negativo**

- Contaminación de aguas subterráneas a causa de elementos contaminantes no removidos por el sistema de tratamiento, en caso el acuífero sea vulnerable y no exista una impermeabilización adecuada de las lagunas.
- Generación de malos olores por diseño, operación y manteniendo inadecuados.
- Presencia de vectores de enfermedades, si no hay control adecuado.
- Deterioro del suelo por incremento de salinización y saturación del agua, sino se presta la debida atención a las necesidades de infiltración y drenaje.

## **CAPITULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **4.1. CONCLUSIONES.**

1. La población actual de la ciudad universitaria al año 2013, es de 11,589.0 población universitaria, y la población futura a 20 años a partir del año 2014 al año 2034; se calcularon por el método de la Regresión Simple y Mínimos Cuadrados obteniéndose la población futura de diseño en el año 2034 es de 16,831.0 población universitaria, siendo la base de dato principal para el diseño de las metas de la tesis.
2. Las muestras de las aguas residuales capturadas (recogidas) en los diferentes buzones de la ciudad universitaria, siendo el análisis de laboratorio DBO5, Coliformes Fecales y SST con 117.40 mg/L, 2.87E+06 NMP/100 ml y 1140.06 mg/L respectivamente y con la propuesta de la PTAR se ha obtenido DBO5, Coliformes Fecales y SST con 1.10 mg/L, 401.80 NMP/100 ml y 9.69 mg/L respectivamente, siendo su tratamiento un PROCESO BIOLÓGICO.

3. El caudal de diseño de las aguas residuales es  $Q_m = 48.595 \text{ lt/s}$ , y de acuerdo a los efectos de las variaciones de consumo<sup>1</sup>.
4. El caudal de demanda de las áreas verdes obtenidas del balance hídrico es  $Q_d = 11.66 \text{ lt/s}$ .
5. Diseño hidráulico de la línea de impulsión inicia con un caudal de bombeo de  $69.97 \text{ l/s}$ , potencia de 130 HP y diámetro de la tubería de impulsión de 8", volumen de almacenamiento de  $1000.0 \text{ m}^3$ ; así mismo en la red de distribución las presiones son variables siendo el mínimo de 2.4 m.c.a y el máximo de 55.2 m.c.a., las velocidades están entre 0.6 m/s a 3.0 m/s. y los diámetros a utilizar son de 1" y 2" PVC C-15.0.
6. El mejor lugar para la construcción de la planta se localiza al Nor – Este de las instalaciones de la UNSCH, entre los límites del Laboratorio de la Escuela de Ingeniería Civil y las Losas Deportivas, es indispensable que la planta de Tratamiento contenga los siguientes componentes: Cámara de rejillas ( $1.50 \text{ m}^2$ ), Desarenador ( $5.0 \text{ m}^2$ ), Tanque Imhoff ( $58.0 \text{ m}^2$ ), Filtro Anaerobio de Flujo Ascendente ( $550.0 \text{ m}^2$ ), Filtro Percolador Biológico ( $400.0 \text{ m}^2$ ) y Lecho de Secado ( $400.0 \text{ m}^2$ ).
7. El costo de producción de metro cubico de agua residual es de S/0.11, este costo es inferior al costo tarifario comercial de EPSASA, siendo la tarifa de agua de S/. 0.875, por tanto el ahorro de agua es de S/. 0.765 por metro cubico, equivalente a un 87.42 %.

---

<sup>1</sup> Norma OS. 70, Variaciones de consumo: Coeficiente para consumo máximo diaria:  $K_1 = 1.30$ ; Coeficiente para consumo máximo horaria:  $K_2 = 1.80 - 2.50$  y Coeficiente de variación mínima horaria:  $K_3 = 0.50$ .

## **4.2. RECOMENDACIONES**

1. Esta Investigación proporcionara al estudiante y/o profesional interesado en el tema, el conocimiento, pasos y/o metodología para el diseño; por lo cual se proporciona la información suficiente, para poder llevar a cabo el proyecto y la ejecución; la inversión en un proyecto de esta magnitud significaría un renombre importantísimo para la universidad y generaría la atención de otros organismos públicos y privados.
2. Conociendo las características de las aguas residuales, se recomienda que la autoridad universitaria por intermedio de los profesionales de las diversas facultades, en coordinación con la Entidades Privadas y públicas, implementen la PTAR en la Ciudad Universitaria para reutilizar el agua residual en áreas verdes y evitar el uso de agua potable.
3. Para garantizar el proyecto de investigación se debe ejecutar la construcción de la planta de tratamiento tal como se contempla en los planos, ya que fueron estipuladas especialmente para esta investigación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ANA, (2013). Autoridad Nacional del Agua. Lima, Perú.
2. AVIDAN, A. (1994). Determinación del Régimen de Riego de los Cultivos. Ministerio de Agricultura. Israel.
3. AVILA, R. (2008). Manual de Riego de Jardines. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Junta de Andalucía. Sevilla, España.
4. AVILA, R. (2010). Manual de Riego para Agricultores. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera. Junta de Andalucía. Sevilla, España.
5. CHAVEZ, A. (2011). Manejo de Aguas Residuales en el Perú y Experiencia de la Universidad de Piura. Piura, Perú.
6. COLLAZOS, C. (2008). Tratamiento de Aguas residuales domesticas e industriales. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia.
7. CUBA, J. (2002). "Determinación de la Evapotranspiración del Cultivo de Referencia (ET<sub>o</sub>), coeficiente de Cultivo (K<sub>c</sub>) y Régimen de Riego para tres especies de Cultivo, Pampa del Arco a 2760 msnm - Ayacucho". Tesis Ing° Agrónomo, UNSCH. Ayacucho, Perú.
8. FASSBENDER, H. y BORNEMISZA, E. (1990). Química de Suelos con énfasis en suelos de América latina. IICA. San José, Costa Rica.
9. FONAM, (2013). Fondo Nacional del Ambiente. Lima, Perú.
10. IBAÑEZ, W. (2012). Obras Hidráulicas y de Saneamiento. Tomo I. Lima, Perú.
11. INGARUCA, E. (2010). Manual de Diseño Tratamiento y Reúso de Aguas Residuales. Gobierno Regional de Junín, Sub Gerencia de Recursos Naturales y Medio Ambiente. Junín, Perú.

12. ISLA, R. (2005). *Proyectos de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales*. Madrid, España.
13. LAZO, J. (2006). *Tecnología para el Riego*. Primera Edición. CONCYTEC. Lima – Perú.
14. MAGNE, F. (2008). *Abastecimiento, Diseño y Construcción de Sistemas de Agua Potable Modernizando el aprendizaje y enseñanza en la Asignatura de Ingeniería Sanitaria I*. Universidad Mayor de San Simón. Cochabamba, Bolivia.
15. MENDOZA, L. (2011). *Aguas Residuales de Lambayeque y su Reúso Agrícola*. Lambayeque, Perú.
16. METCALF & EDDY (1995). *Ingeniería de Aguas Residuales, Tratamiento, Vertido y Reutilización*. Volumen I-II, 3ra. Edición en español, MacGraw-Hill. Madrid, España.
17. MOSCOSO, J. Y LEÓN, R. (1996). *Curso de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales*. OPS/CEPIS/PUB 96.20. Lima, Perú.
18. MOSCOSO, J. ALFARO, T. (2010). *Panorama de Experiencias Tratamiento y Uso de Aguas Residuales en Lima Metropolitana y Callao*. Lima, Perú.
19. PALOMINO, R., CERDA, M., GIRON, J. (2006). *Manual de Química Agrícola*. UNSCH. Ayacucho, Perú.
20. PEÑA, M. Y VALENCIA, E. (1998). *Reúso en Irrigación de Aguas Residuales Domésticas Tratadas: una Alternativa Sostenible para el Manejo Integral del Recurso Hídrico*. Presentado en "Seminario- Taller Saneamiento Básico y Sostenibilidad", AGUA Y SOSTENIBILIDAD, junio 1-12 de 1998. Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia.
21. PITTMAN, R. (1997). *Agua potable para poblaciones rurales*. Lima, Peru.
22. PIZARRO, F. (1996). *Riego Localizados de Alta Frecuencia (RLAF), goteo, micro aspersión y exudación*. Tercera Edición. Barcelona, España.

23. RNE, (2012). Reglamento Nacional de Edificaciones; Título II – Parte II.3. Obras de Saneamiento. Lima, Perú.
24. ROCHA, A. (2007). Hidráulica de Tuberías y Canales. Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
25. ROBLES, E., QUISPE, J. (2008). Manual de Experimentación Agrícola. UNSCH. Ayacucho, Perú.
26. SALCEDO, G. (2005). Estudio del “Proyecto de Ampliación de la Línea de Impulsión Sistema de Bombeo y tanque Elevado para agua Potable en el Centro Poblado Rural, Distrito de Pachacamac”. UNMSM. Lima, Perú.
27. SCHAUM, V. (2005). Mecánica de los fluidos e hidráulica. Madrid – España.
28. SALDARRIAGA, J. (2007). Hidráulica de tuberías, abastecimiento de agua, redes y riegos. Universidad Los Andes. Bogotá – Colombia.
29. SUNASS, (2013). Superintendencia Nacional de Servicios de Saneamiento. Lima, Perú.
30. UNSCH. (2012). Boletín Estadístico 2010 – 2011 – 2012 – 2013.
31. UNSCH. (2013). Oficina de Servicio Meteorológico de la UNSCH.
32. VIERENDEL. (1991). Abastecimiento de Agua y Alcantarillado. 2da Edición. UNI. Lima, Perú.



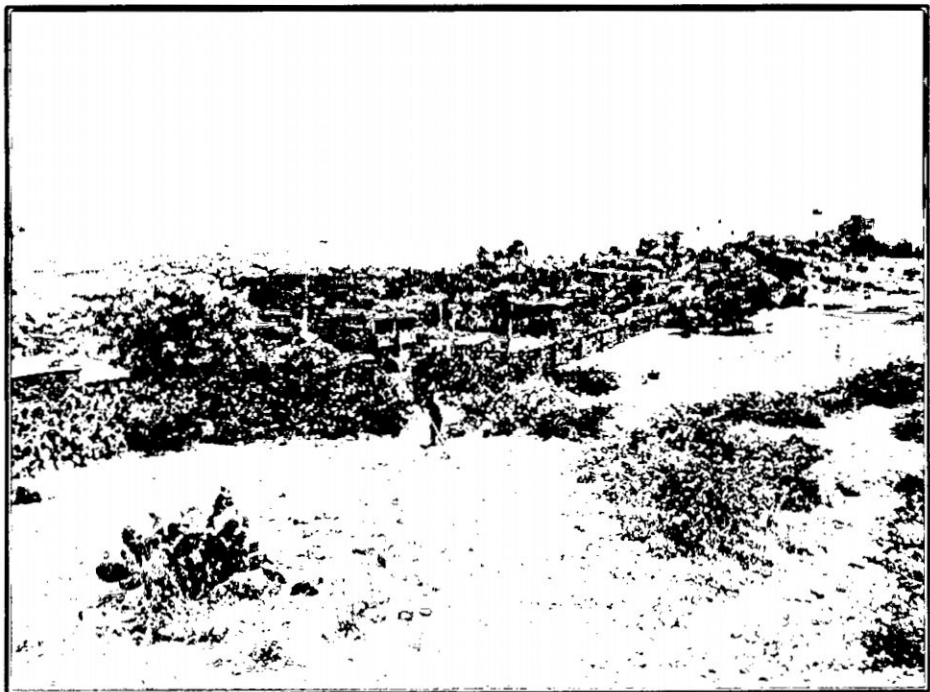
**ANEXOS**



**ANEXO N° 01:**  
**FOTOGRAFIAS**



**Fotografía N° 01:** Inicio del Levantamiento Topográfico en la PTAR proyectado.



**Fotografía N° 02:** Levantamiento Topográfico para la Línea de Conducción.



**Fotografía N° 03:** Vista Panorámica de la Ubicación de la PTAR.



**Fotografía N° 04:** Vista Panorámica de la Línea de Conducción de la PTAR hacia el Reservorio.



**Fotografía N° 05:** Recojo de Muestreo de aguas residuales en el Bz – 13 (FACEA)



**Fotografía N° 06:** Recojo de Muestreo de aguas residuales en el Bz – 02 (Facultad de Ciencias Sociales)



**Fotografía N° 07:** Recojo de Muestreo de aguas residuales en el Bz – 28 (Salida a la Puerta N° 02)



**Fotografía N° 08:** Recojo de Muestreo de aguas residuales en el Bz – 12 (Parque Central de la UNSCH)



**ANEXO N° 02:**  
**ANÁLISIS DE AGUAS RESIDUALES**



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

## ENSAYO DE LABORATORIO N° 011 – 2013

**Solicitante** : Serapio Flores Llantoy  
**Dirección Legal** : Jr. Grau N° 880 – Ayacucho  
**Muestra N° 01** : Agua Residual Domestico: **ENTRADA CONO OESTE UNSCH (Bz – 02)**  
**Cantidad** : 2000 ml  
**Procedencia** : Ciudad Universitaria UNSCH  
**Localidad** : Ayacucho – Huamanga – Ayacucho.  
**Tesis** : Diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales con Fines de Riego de las Áreas Verdes en la Ciudad Universitaria – UNSCH. Ayacucho, 2013.  
**Fecha de Solicitud** : 13 de Agosto del 2013  
**Fecha de Muestreo** : 14 de Setiembre del 2013  
**Fecha de Análisis** : del 16 al 20 de Setiembre del 2013

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO		
PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH	-.-	7.4
Turbidez	UNT	446.8
Conductividad	µs/cm	936.9
Sal	%	0.5
Solidos Disueltos	mg/L	1471.0
Solidos Suspendidos	mg/L	222.0
Solidos Totales	mg/L	1693.0
Solidos Sedimentales	mg/L	9.0
Alcalinidad	mg/L	233.1
Dureza Cálcica	mg/L	61.6
Dureza Total	mg/L	115.3
Cloruros	mg/L	96.7
Dureza Magnésica	mg/L	53.6
DBO <sub>5</sub>	mg/L	205.0

LMP : Límite Máximo Permissible, para riego Clase III  
mg/L : Miligramos por litro  
µs/cm : microsiems por centímetro  
UNT : Unidades nefelométricas de turbidez



Ayacucho, 23 de Setiembre del 2013.  
  
UNSch. SAUL A. CHUCHON MARTÍNEZ



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

## ENSAYO DE LABORATORIO N° 012 – 2013

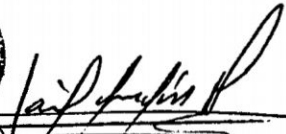
**Solicitante** : Serapio Flores Llantoy  
**Dirección Legal** : Jr. Grau N° 880 – Ayacucho  
**Muestra N° 01** : Agua Residual Domestico: **ENTRADA CONO OESTE UNSCH (Bz – 02)**  
**Cantidad** : 2000 ml  
**Procedencia** : Ciudad Universitaria UNSCH  
**Localidad** : Ayacucho – Huamanga – Ayacucho.  
**Tesis** : Diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales con Fines de Riego de las Áreas Verdes en la Ciudad Universitaria – UNSCH. Ayacucho, 2013.  
**Fecha de Solicitud** : 13 de Agosto del 2013  
**Fecha de Muestreo** : 14 de Setiembre del 2013  
**Fecha de Análisis** : del 16 al 20 de Setiembre del 2013

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO		
PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO
Coliformes Totales	NMP/ 100 ml	1.75 x 10 <sup>7</sup>
Coliformes Fecales o termotolerantes	NMP/ 100 ml	1.38 x 10 <sup>7</sup>

LMP : Límite Máximo Permisible, para riego Clase III y IV  
NMP : Numero más probable



Ayacucho, 23 de Setiembre del 2013.

  
UNSH. SAUL A. CHUCHON MARTINEZ



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

## ENSAYO DE LABORATORIO N° 013 – 2013

**Solicitante** : Serapio Flores Llantoy  
**Dirección Legal** : Jr. Grau N° 880 – Ayacucho  
**Muestra N° 02** : Agua Residual Domestico: **UNION FACULTADES (Bz – 09)**  
**Cantidad** : 2000 ml  
**Procedencia** : Ciudad Universitaria UNSCH  
**Localidad** : Ayacucho – Huamanga – Ayacucho.  
**Tesis** : Diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales con Fines de Riego de las Áreas Verdes en la Ciudad Universitaria – UNSCH. Ayacucho, 2013.  
**Fecha de Solicitud** : 13 de Agosto del 2013  
**Fecha de Muestreo** : 14 de Setiembre del 2013  
**Fecha de Análisis** : del 16 al 20 de Setiembre del 2013

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO		
PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH	-.-	7.4
Turbidez	UNT	37.1
Conductividad	$\mu$ s/cm	631.8
Sal	%	0.3
Solidos Disueltos	mg/L	1505.0
Solidos Suspendidos	mg/L	102.0
Solidos Totales	mg/L	1607.0
Solidos Sedimentales	mg/L	3.0
Alcalinidad	mg/L	82.9
Dureza Cálcica	mg/L	70.0
Dureza Total	mg/L	124.9
Cloruros	mg/L	118.6
Dureza Magnésica	mg/L	54.9
DBO <sub>5</sub>	mg/L	87.0

LMP : Límite Máximo Permissible, para riego Clase III y IV  
mg/L : Miligramos por litro  
 $\mu$ s/cm : microsiems por centímetro  
UNT : Unidades nefelométricas de turbidez



Ayacucho, 23 de Setiembre del 2013.

  
UNSch. SAUL A. CHUCHON MARTINEZ



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

## ENSAYO DE LABORATORIO N° 014 – 2013

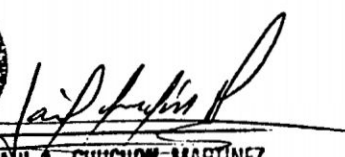
**Solicitante** : Serapio Flores Llantoy  
**Dirección Legal** : Jr. Grau N° 880 – Ayacucho  
**Muestra N° 02** : Agua Residual Domestico: **UNION FACULTADES (Bz – 09)**  
**Cantidad** : 2000 ml  
**Procedencia** : Ciudad Universitaria UNSCH  
**Localidad** : Ayacucho – Huamanga – Ayacucho.  
**Tesis** : Diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales con Fines de Riego de las Áreas Verdes en la Ciudad Universitaria – UNSCH. Ayacucho, 2013.  
**Fecha de Solicitud** : 13 de Agosto del 2013  
**Fecha de Muestreo** : 14 de Setiembre del 2013  
**Fecha de Análisis** : del 16 al 20 de Setiembre del 2013

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO		
PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO
Coliformes Totales	NMP/ 100 ml	1.18 x 10 <sup>5</sup>
Coliformes Fecales o termotolerantes	NMP/ 100 ml	1.26 x 10 <sup>5</sup>

LMP : Límite Máximo Permisible, para riego Clase III y IV  
NMP : Numero más probable



Ayacucho, 23 de Setiembre del 2013.

  
UNSP. SAUL A. CHUCHON MARTINEZ



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

## ENSAYO DE LABORATORIO N° 015 – 2013


**Solicitante** : Serapio Flores Llantoy  
**Dirección Legal** : Jr. Grau N° 880 – Ayacucho  
**Muestra N° 03** : Agua Residual Domestico: **UNION FACULTADES (Bz – 12)**  
**Cantidad** : 2000 ml  
**Procedencia** : Ciudad Universitaria UNSCH  
**Localidad** : Ayacucho – Huamanga – Ayacucho.  
**Tesis** : Diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales con Fines de Riego de las Áreas Verdes en la Ciudad Universitaria – UNSCH. Ayacucho, 2013.  
**Fecha de Solicitud** : 13 de Agosto del 2013  
**Fecha de Muestreo** : 14 de Setiembre del 2013  
**Fecha de Análisis** : del 16 al 20 de Setiembre del 2013

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO		
PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH	-.-	6.48
Turbidez	UNT	364.0
Conductividad	µs/cm	1154.0
Sal	%	0.4
Sólidos Disueltos	mg/L	578.0
Sólidos Suspendidos	mg/L	106.0
Sólidos Totales	mg/L	805.0
Sólidos Sedimentales	mg/L	5.80
Alcalinidad	mg/L	136.0
Dureza Cálcica	mg/L	78.6
Dureza Total	mg/L	110.56
Cloruros	mg/L	48.98
Dureza Magnésica	mg/L	37.8
DBO <sub>5</sub>	mg/L	84.0

LMP : Límite Máximo Permissible, para riego Clase III y IV  
mg/L : Miligramos por litro  
µs/cm : microsiems por centímetro  
UNT : Unidades nefelométricas de turbidez



Ayacucho, 23 de Setiembre del 2013.

  
UNSCH. SAUL A. CHUCHON MARTÍNEZ



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

## ENSAYO DE LABORATORIO N° 016 – 2013

**Solicitante** : Serapio Flores Llantoy  
**Dirección Legal** : Jr. Grau N° 880 – Ayacucho  
**Muestra N° 03** : Agua Residual Domestico: **UNION FACULTADES (Bz – 12)**  
**Cantidad** : 2000 ml  
**Procedencia** : Ciudad Universitaria UNSCH  
**Localidad** : Ayacucho – Huamanga – Ayacucho.  
**Tesis** : Diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales con Fines de Riego de las Áreas Verdes en la Ciudad Universitaria – UNSCH. Ayacucho, 2013.  
**Fecha de Solicitud** : 13 de Agosto del 2013  
**Fecha de Muestreo** : 14 de Setiembre del 2013  
**Fecha de Análisis** : del 16 al 20 de Setiembre del 2013

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO		
PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO
Coliformes Totales	NMP/ 100 ml	$1.7 \times 10^5$
Coliformes Fecales o termotolerantes	NMP/ 100 ml	$1.1 \times 10^5$

LMP : Límite Máximo Permissible, para riego Clase III y IV  
NMP : Numero más probable



Ayacucho, 23 de Setiembre del 2013.



UNSCH. SAUL A. CHUCHON MARTINEZ



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

## ENSAYO DE LABORATORIO N° 017 – 2013

**Solicitante** : Serapio Flores Llantoy  
**Dirección Legal** : Jr. Grau N° 880 – Ayacucho  
**Muestra N° 04** : Agua Residual Domestico: **SALIDA CONO ESTE UNSCH (Bz – 13)**  
**Cantidad** : 2000 ml  
**Procedencia** : Ciudad Universitaria UNSCH  
**Localidad** : Ayacucho – Huamanga – Ayacucho.  
**Tesis** : Diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales con Fines de Riego de las Áreas Verdes en la Ciudad Universitaria – UNSCH. Ayacucho, 2013.  
**Fecha de Solicitud** : 13 de Agosto del 2013  
**Fecha de Muestreo** : 14 de Setiembre del 2013  
**Fecha de Análisis** : del 16 al 20 de Setiembre del 2013

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO		
PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH	--	7.1
Turbidez	UNT	424.2
Conductividad	µs/cm	977.4
Sal	%	0.5
Sólidos Disueltos	mg/L	680.5
Sólidos Suspendidos	mg/L	220.0
Sólidos Totales	mg/L	650.3
Sólidos Sedimentales	mg/L	6.0
Alcalinidad	mg/L	234.0
Dureza Cálcica	mg/L	106.0
Dureza Total	mg/L	78.98
Cloruros	mg/L	56.32
Dureza Magnésica	mg/L	36.25
DBO <sub>5</sub>	mg/L	140.0

LMP : Límite Máximo Permissible, para riego Clase III y IV  
mg/L : Miligramos por litro  
µs/cm : microsiems por centímetro  
UNT : Unidades nefelométricas de turbidez



Ayacucho, 23 de Setiembre del 2013.



UNSCH, SAUL A. CHUCHON MARTÍNEZ



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

## ENSAYO DE LABORATORIO N° 018 – 2013

**Solicitante** : Serapio Flores Llantoy  
**Dirección Legal** : Jr. Grau N° 880 – Ayacucho  
**Muestra N° 04** : Agua Residual Domestico: **SALIDA CONO ESTE UNSCH (Bz – 13)**  
**Cantidad** : 2000 ml  
**Procedencia** : Ciudad Universitaria UNSCH  
**Localidad** : Ayacucho – Huamanga – Ayacucho.  
**Tesis** : Diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales con Fines de Riego de las Áreas Verdes en la Ciudad Universitaria – UNSCH. Ayacucho, 2013.  
**Fecha de Solicitud** : 13 de Agosto del 2013  
**Fecha de Muestreo** : 14 de Setiembre del 2013  
**Fecha de Análisis** : del 16 al 20 de Setiembre del 2013

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO		
PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO
Coliformes Totales	NMP/ 100 ml	$1.9 \times 10^5$
Coliformes Fecales o termotolerantes	NMP/ 100 ml	$1.3 \times 10^5$

LMP : Límite Máximo Permissible, para riego Clase III y IV  
NMP : Numero más probable



Ayacucho, 23 de Setiembre del 2013.

  
UNSCH. SAULA CHUCHON MARTINEZ



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

## ENSAYO DE LABORATORIO N° 019 – 2013

**Solicitante** : Serapio Flores Llantoy  
**Dirección Legal** : Jr. Grau N° 880 – Ayacucho  
**Muestra N° 05** : Agua Residual Domestico: **SALIDA UNSCH (Puerta N° 02) (Bz – 28)**  
**Cantidad** : 2000 ml  
**Procedencia** : Ciudad Universitaria UNSCH  
**Localidad** : Ayacucho – Huamanga – Ayacucho.  
**Tesis** : Diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales con Fines de Riego de las Áreas Verdes en la Ciudad Universitaria – UNSCH. Ayacucho, 2013.  
**Fecha de Solicitud** : 13 de Agosto del 2013  
**Fecha de Muestreo** : 14 de Setiembre del 2013  
**Fecha de Análisis** : del 16 al 20 de Setiembre del 2013

ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICO		
PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO
pH	-.-	8.2
Turbidez	UNT	87.9
Conductividad	µs/cm	724.9
Sal	%	0.4
Solidos Disueltos	mg/L	841.0
Solidos Suspendidos	mg/L	104.0
Solidos Totales	mg/L	945.0
Solidos Sedimentales	mg/L	4.0
Alcalinidad	mg/L	114.5
Dureza Cálcica	mg/L	61.0
Dureza Total	mg/L	98.80
Cloruros	mg/L	132.0
Dureza Magnésica	mg/L	37.8
DBO <sub>5</sub>	mg/L	71.0

LMP : Límite Máximo Permissible, para riego Clase III y IV  
mg/L : Miligramos por litro  
µs/cm : microsiems por centímetro  
UNT : Unidades nefelométricas de turbidez



Ayacucho, 23 de Setiembre del 2013.



UNSCHE. SAULA CHUCHON MARTINEZ



# UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

## ENSAYO DE LABORATORIO N° 020 – 2013


**Solicitante** : Serapio Flores Llantoy  
**Dirección Legal** : Jr. Grau N° 880 – Ayacucho  
**Muestra N° 05** : Agua Residual Domestico: **SALIDA UNSCH (Puerta N° 02) (Bz – 28)**  
**Cantidad** : 2000 ml  
**Procedencia** : Ciudad Universitaria UNSCH  
**Localidad** : Ayacucho – Huamanga – Ayacucho.  
**Tesis** : Diseño de Planta de Tratamiento de Aguas Residuales con Fines de Riego de las Áreas Verdes en la Ciudad Universitaria – UNSCH. Ayacucho, 2013.  
**Fecha de Solicitud** : 13 de Agosto del 2013  
**Fecha de Muestreo** : 14 de Setiembre del 2013  
**Fecha de Análisis** : del 16 al 20 de Setiembre del 2013

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO		
PARAMETRO	UNIDAD	RESULTADO
Coliformes Totales	NMP/ 100 ml	$3.4 \times 10^5$
Coliformes Fecales o termotolerantes	NMP/ 100 ml	$1.7 \times 10^5$

LMP : Límite Máximo Permissible, para riego Clase III y IV  
NMP : Numero más probable



Ayacucho, 23 de Setiembre del 2013.

  
UNSC. SAUL A. CHUCHON MARTÍNEZ



# ENVIROLAB - PERÚ S.A.C.

Environmental Laboratories Perú S.a.c.

## INFORME DE ENSAYO N° 805192

**Solicitante** : Serapio Flores Llantoy  
**Domicilio Legal** : Jr. Grau N° 880  
**Tipo de Muestra** : Aguas Servidas  
**Plan de Muestreo** : ---  
**Solicitud de Análisis** : 06 - Oct - 2013  
**Procedencia de la Muestra** : Ciudad Universitaria UNSCH - Ayacucho.  
**SALIDA UNSCH (Puerta N° 02)**  
**Fecha de Ingreso** : 11-Oct-2013  
**Código ENVIROLAB PERU** : 805192  
**Referencia** : Muestra proporcionada por el Cliente

Fecha de Muestreo:						10/10/2013
Código de Lab.:	805192 - 02	Descripción				PTO - 2
Análisis	Método de	Límite de	Resultado	Incertidumbre	Unidad	Fecha de
QO	EPA 405.1	6.0	84.0	2	mg/L	14/10/2013
rsénico	EPA 200.7	0.005	0.007	---	mg/L	14/10/2013
oro	EPA 200.7	0.1	0.2	---	mg/L	14/10/2013
admio	EPA 200.7	0.001	0.002	---	mg/L	14/10/2013
romo	EPA 200.7	0.001	0.002	---	mg/L	14/10/2013
obre	EPA 200.7	0.003	0.017	---	mg/L	15/10/2013
otasio	EPA 200.7	0.1	19.0	---	mg/L	15/10/2013
agnesio	EPA 365.3	0.04	2.78	---	mg/L	15/10/2013
odio	EPA 365.3	0.1	38.7	---	mg/L	15/10/2013
iquei	EPA 200.7	0.001	0.001	---	mg/L	15/10/2013
osforo	EPA 365.3	0.1	3.0	---	mg/L	15/10/2013
omo	EPA 200.7	0.004	0.005	---	mg/L	16/10/2013
alenio	EPA 200.7	0.05	0.055	---	mg/L	16/10/2013
staño	EPA 200.7	0.01	0.02	---	mg/L	16/10/2013
nc	EPA 200.7	0.005	0.033	---	mg/L	16/10/2013
ateria orgánico	EPA 360.2	---	6.0	---	(ppmO <sub>2</sub> )	16/10/2013
ifatos	SM 4500 S-2 D	---	98.86	---	mg/L	17/10/2013
rato	EPA 352.1	---	3.74	---	mg/L	17/10/2013
sfato	EPA 352.1	---	1.08	---	mg/L	17/10/2013
eites y grasas	EPA 1664-A	---	1500.0	---	mg/L	18/10/2013

La incertidumbre de la medición ha sido calculada con un factor de cobertura K=2 para un nivel de confianza del 95%.

Condición y Estado de la Muestra: La muestra llegó preservada al laboratorio.

LUIS BUENO CARBONAL

Gerente General

C.I.P. N° 6618

Lima, Perú,

21/10/2013



Nota: -Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

-Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.



# ENVIROLAB - PERÚ S.A.C.

Environmental Laboratories Perú S.a.c.

## INFORME DE ENSAYO N° 805192

**Solicitante** : Serapio Flores Llantoy  
**Domicilio Legal** : Jr. Grau N° 880  
**Tipo de Muestra** : Aguas Servidas  
**Plan de Muestreo** : —  
**Solicitud de Análisis** : 06 – Oct - 2013  
**Procedencia de la Muestra** : Ciudad Universitaria UNSCH – Ayacucho.  
**Entrada Cono Oeste UNSCH**  
**Fecha de Ingreso** : 11-Oct-2013  
**Código ENVIROLAB PERU** : 805192  
**Referencia** : Muestra proporcionada por el Cliente

Fecha de Muestreo:						10/10/2013
Código de Lab.:	805192 – 01	Descripción				PTO – 1
Análisis	Método de	Límite de	Resultado	Incertidumbre	Unidad	Fecha de
DO	EPA 405.1	6.0	574.0	2	mg/L	14/10/2013
ácido	EPA 200.7	0.005	0.008	---	mg/L	14/10/2013
oro	EPA 200.7	0.1	0.3	---	mg/L	14/10/2013
admio	EPA 200.7	0.001	0.005	---	mg/L	14/10/2013
omo	EPA 200.7	0.001	0.003	---	mg/L	14/10/2013
obre	EPA 200.7	0.003	0.024	---	mg/L	15/10/2013
xtasio	EPA 200.7	0.1	18.1	---	mg/L	15/10/2013
agnesio	EPA 365.3	0.04	3.65	---	mg/L	15/10/2013
odio	EPA 365.3	0.1	55.3	---	mg/L	15/10/2013
quel	EPA 200.7	0.001	0.004	---	mg/L	15/10/2013
sforo	EPA 365.3	0.1	8.2	---	mg/L	15/10/2013
omo	EPA 200.7	0.004	0.004	---	mg/L	16/10/2013
lenio	EPA 200.7	0.05	0.07	---	mg/L	16/10/2013
taño	EPA 200.7	0.01	0.03	---	mg/L	16/10/2013
ic	EPA 200.7	0.005	0.110	---	mg/L	16/10/2013
tería orgánico	EPA 360.2	---	7.7	---	(ppmO <sub>2</sub> )	16/10/2013
lfatos	SM 4500 S-2 D	---	109.23	---	mg/L	17/10/2013
rato	EPA 352.1	---	6.39	---	mg/L	17/10/2013
sfato	EPA 352.1	---	3.41	---	mg/L	17/10/2013
ites y grasas	EPA 1664-A	---	2400	---	mg/L	18/10/2013

La Incertidumbre de la medición ha sido calculada con un factor de cobertura K=2 para un nivel de confianza del 95%.

Condición y Estado de la Muestra Ensayada: La muestra llegó preservada al laboratorio.

LUIS BUENO CARBA

Gerente General

C.I.P. N° 6618

Lima, Perú,

21/10/2013



Nota: -Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra indicada.

-Estos resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto.



**Environmental Laboratories Peru S.A.C.**  
**Cotizacion**

**COT 00018157**

Registro: 11-Oct-2013 17:37

**DATOS DEL CLIENTE**

Cliente: FLORES LLANTOY SERAPIO

Correo: serapio.flores.ll@hotmail.com

Ruc: 10424143541

Telefono: \_\_\_\_\_

Fax: \_\_\_\_\_

Direccion: JR. MOORE NRO. 145 AYACUCHO - HUAMANGA - AYACUCHO

Facturar a: FLORES LLANTOY SERAPIO

Ruc: 10424143541

**DATOS DEL PEDIDO**

Colocacion: E-Mail

Facturacion: Boleta

Moneda: Soles

Ingreso: 11/10/2013 17:37

Solic por: Sr. Serapio Flores

Sist. Venta: Pago por adelantado

Doc Ref: \_\_\_\_\_

T. C.: .000

**DATOS DEL PRODUCTO**

Tipo Muestra: Agua Servida

Procedencia: \_\_\_\_\_  Se entregara Documento Oficial

Referencia: \_\_\_\_\_

Tiempo entrega: 20 dias

Validez: 7 dias

**DETALLE DE PARAMETROS POR MUESTRA**

Tipo Muestra: Agua Servida

Parametros	Metodo	Cantidad	P.U.	Parcial
Envío de Informe y/o factura (Lima)	---	1	20.00	<b>20.00</b>
Aceites y Grasas (2 Lts)	EPA 1664-A	1	52.14	<b>52.14</b>
C.A.E (Extracto de columna de carbón activo por alcohol)	J. Rodier 1981	1	60.42	<b>60.42</b>
C.C.E (Extracto de columna de carbón activo por cloroformo)	J. Rodier 1981	1	60.42	<b>60.42</b>
Cianuro Total	EPA 335.2	1	54.06	<b>54.06</b>
DBO5	EPA 405.1	1	52.14	<b>52.14</b>
Detergentes	SM 5540-C	1	74.10	<b>74.10</b>
Fenoles	SM 5530-C	1	74.10	<b>74.10</b>
N - Nitratos	EPA 352.1	1	39.00	<b>39.00</b>
Oxigeno Disuelto	EPA 360.2	1	33.72	<b>33.72</b>
Sulfuro	SM 4500 S-2 D	1	39.00	<b>39.00</b>
Bifenilos Policlorados (PCBs)	EPA 8270-D	1	381.60	<b>381.60</b>
Esteres Estalatos	EPA 8270-D	1	254.40	<b>254.40</b>
Pesticidas Organoclorados	EPA 8270-D	1	397.50	<b>397.50</b>
Pesticidas Organofosforados	EPA 8270-D	1	397.50	<b>397.50</b>
Coliformes Fecales (N)*	SM 9221-E.1	1	60.00	<b>60.00</b>
Coliformes Totales (N)*	SM 9221-B	1	60.00	<b>60.00</b>
<b>Met. Totales (ICP-AES)</b>				
Arsénico Total	EPA 200.7	1	34.98	<b>34.98</b>
Cadmio Total	EPA 200.7	1	21.93	<b>21.93</b>
Cobre Total	EPA 200.7	1	21.93	<b>21.93</b>
Cromo Total	EPA 200.7	1	21.93	<b>21.93</b>
Mercurio Total	EPA METHOD 245.7	1	50.88	<b>50.88</b>

Av. La Marina 3059, San Miguel - Lima Teléfono: (511) 616 - 5400 Fax: (511) 616 - 5418 RPM: 975564

Soles: BCP Cuenta Corriente 192-0760885-0-05 / Dólares: BCP Cuenta Corriente 192-0093334-1-76 BWS 000-1270667 BBVA 151-0100018146

E-mail: [envirolab@envirolabperu.com.pe](mailto:envirolab@envirolabperu.com.pe) Pagina web: [www.envirolabperu.com.pe](http://www.envirolabperu.com.pe) RUC: 20269493519

**Código:** GG-1.0-19

**Revisión:** May-06

**Formato:** GG-32



Environmental Laboratories Peru S.A.C.  
Cotizacion

COT 00018157

Registro: 11-Oct-2013 17:37

**DETALLE DE PARAMETROS POR MUESTRA**

Tipo Muestra: Agua Servida

Parametros	Metodo	Cantidad	P.U.	Parcial
<i>Met. Totales (ICP-AES)</i>				
Níquel Total	EPA 200.7	1	21.93	<b>21.93</b>
Plomo Total	EPA 200.7	1	21.93	<b>21.93</b>
Selenio Total	EPA 200.7	1	34.98	<b>34.98</b>
Zinc Total	EPA 200.7	1	21.93	<b>21.93</b>
			<b>V. Venta:</b>	<b>2,362.52</b>
			<b>IGV</b>	<b>S/. 425.25</b>
			<b>SubTotal</b>	<b>S/. 2,787.77</b>

por Cliente

Por Envirolab MQUIROZC

A su solicitud el Laboratorio le proporcionará los envases y preservantes necesarios sin costo alguno, los cuales deberan recogerlos en nuestras instalaciones.

Se adjunta, Instrucciones generales de Muestreo y Preservación de Muestra.

**Observaciones:**

Precio no incluye muestreo.

Av. La Marina 3059, San Miguel - Lima Teléfono: (511) 616 - 5400 Fax: (511) 616 - 5418 RPM: 975564  
Soles: BCP Cuenta Corriente 192-0760885-0-05 / Dólares: BCP Cuenta Corriente 192-0093334-1-76 BWS 000-1270667 BBVA 151-0100018146  
E-mail: envirolab@envirolabperu.com.pe Pagina web: www.envirolabperu.com.pe RUC: 20269493519

Código: GG-1.0-19

Revisión: May-06

Formato: GG-32



**ANEXO N° 03:**  
**ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD**  
**AMBIENTAL PARA AGUA**

Diagnóstico y el usuario esté dispuesto a proporcionarlos, el valor de dichos insumos será descontado del precio del servicio, previa presentación de la copia del comprobante de pago. Los insumos requeridos deberán ceñirse a las especificaciones técnicas exigidas por el SENASA.

Regístrese, comuníquese y publíquese.

OSCAR M. DOMINGUEZ FALCON  
 Jefe (e)  
 Servicio Nacional de Sanidad Agraria

232229-1

## AMBIENTE

### Aprueban los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua

DECRETO SUPREMO  
 N° 002-2008-MINAM

EL PRESIDENTE DE LA REPÚBLICA

CONSIDERANDO:

Que, en el inciso 22 del artículo 2° de la Constitución Política del Perú establece que toda persona tiene derecho a gozar de un ambiente equilibrado y adecuado al desarrollo de su vida; señalando en su artículo 67° que el Estado determina la Política Nacional del Ambiente;

Que, el artículo I del Título Preliminar de la Ley N° 28611-Ley General del Ambiente, establece que toda persona tiene el derecho irrenunciable a vivir en un ambiente saludable, equilibrado y adecuado para el pleno desarrollo de la vida, y el deber de contribuir a una efectiva gestión ambiental y de proteger el ambiente, así como sus componentes, asegurando particularmente la salud de las personas en forma individual y colectiva, la conservación de la diversidad biológica, el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales y el desarrollo sostenible del país;

Que, el artículo 1° de la Ley N° 28817-Ley que establece los plazos para la elaboración y aprobación de los Estándares de Calidad Ambiental (ECA) y de Límites Máximos Permisibles (LMP) de Contaminación Ambiental, dispuso que la Autoridad Ambiental Nacional culminaría la elaboración y revisión de los ECA y LMP en un plazo no mayor de dos (02) años, contados a partir de la vigencia de dicha Ley;

Que con fecha 16 de junio de 1999 se instaló el GESTA AGUA, cuya finalidad fue elaborar los Estándares de Calidad Ambiental para Agua - ECA para Agua, estando conformado dicho Grupo de Trabajo por 21 instituciones del sector público, privado y académico, actuando la Dirección General de Salud Ambiental - DIGESA como Secretaría Técnica;

Que, mediante Oficio N° 8262-2006/DG/DIGESA de fecha 28 de diciembre de 2006, la Dirección General de Salud Ambiental -DIGESA, en coordinación con el Instituto Nacional de Recursos Naturales -INRENA, en calidad de Secretaría Técnica Colegiada del GESTA

AGUA, remitió al CONAM, la propuesta de Estándares de Calidad Ambiental-ECA para Agua con la finalidad de tramitar su aprobación formal;

Que, por Acta del Grupo de Trabajo GESTA AGUA, de fecha 24 de octubre de 2007, se aprobó la propuesta de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para Agua;

Que, mediante Decreto Legislativo N° 1013 se aprobó la Ley de Creación, Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente, señalándose su ámbito de competencia sectorial y regulándose su estructura orgánica y funciones, siendo una de sus funciones específicas la de elaborar los Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles;

Que, contando con la propuesta de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA) para agua, corresponde aprobarlos mediante Decreto Supremo, conforme a lo establecido en el artículo 7° del Decreto Legislativo N° 1013;

De conformidad con lo dispuesto en la Ley General del Ambiente, Ley N° 28611 y el Decreto Legislativo N° 1013; En uso de las facultades conferidas por el artículo 118° de la Constitución Política del Perú;

DECRETA:

**Artículo 1°.- Aprobación de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua**

Aprobar los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, contenidos en el Anexo I del presente Decreto Supremo, con el objetivo de establecer el nivel de concentración o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos presentes en el agua, en su condición de cuerpo receptor y componente básico de los ecosistemas acuáticos, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni para el ambiente. Los Estándares aprobados son aplicables a los cuerpos de agua del territorio nacional en su estado natural y son obligatorios en el diseño de las normas legales y las políticas públicas siendo un referente obligatorio en el diseño y aplicación de todos los Instrumentos de gestión ambiental.

**Artículo 2°.- Refrendo**

El presente Decreto Supremo será refrendado por el Ministro del Ambiente.

**DISPOSICIÓN COMPLEMENTARIA TRANSITORIA**

Única.- El Ministerio del Ambiente dictará las normas para la implementación de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua, como instrumentos para la gestión ambiental por los sectores y niveles de gobierno involucrados en la conservación y aprovechamiento sostenible del recurso agua.

Dado en la Casa de Gobierno, en Lima, a los treinta días del mes de julio del año dos mil ocho.

ALAN GARCÍA PÉREZ  
 Presidente Constitucional de la República

ANTONIO JOSÉ BRACK EGG  
 Ministro del Ambiente

# El Peruano

DIARIO OFICIAL

## REQUISITO PARA PUBLICACIÓN DE NORMAS LEGALES Y SENTENCIAS

Se comunica al Congreso de la República, Poder Judicial, Ministerios, Organismos Autónomos y Descentralizados, Gobiernos Regionales y Municipalidades que, para efecto de publicar sus dispositivos y sentencias en la Separata de Normas Legales y Separatas Especiales respectivamente, deberán además remitir estos documentos en disquete o al siguiente correo electrónico. [normaslegales@editoraperu.com.pe](mailto:normaslegales@editoraperu.com.pe)

LA DIRECCIÓN

**ANEXO I**

**ESTÁNDARES NACIONALES DE CALIDAD AMBIENTAL PARA AGUA**

**CATEGORÍA 1: POBLACIONAL Y RECREACIONAL**

PARÁMETRO	UNIDAD	Aguas superficiales destinadas a la producción de agua potable			Aguas superficiales destinadas para recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Aguas que pueden ser potabilizadas con desulfatación	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Aguas que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contacto Primario	Contacto Secundario
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
<b>FÍSICOS Y QUÍMICOS</b>						
Aceites y grasas (MEH)	mg/L	1	1,00	1,00	Ausencia de película visible	**
Cianuro Libre	mg/L	0,005	0,022	0,022	0,022	0,022
Cianuro Wad	mg/L	0,08	0,08	0,08	0,08	**
Cloruros	mg/L	250	250	250	**	**
Color	Color verdadero escala Pt/Co	15	100	200	sin cambio normal	sin cambio normal
Conductividad	us/cm <sup>25</sup>	1 500	1 600	**	**	**
D.B.O. <sub>5</sub>	mg/L	3	5	10	5	10
D.Q.O.	mg/L	10	20	30	30	50
Dureza	mg/L	500	**	**	**	**
Detergentes (SAAM)	mg/L	0,5	0,5	na	0,5	Ausencia de espuma persistente
Fenoles	mg/L	0,003	0,01	0,1	**	**
Fluoruros	mg/L	1	**	**	**	**
Fósforo Total	mg/L P	0,1	0,15	0,15	**	**
Materiales Flotantes		Ausencia de material flotante	**	**	Ausencia de material flotante	Ausencia de material flotante
Nitritos	mg/L N	10	10	10	10	**
Nitratos	mg/L N	1	1	1	1(5)	**
Nitrógeno amoniacal	mg/L N	1,5	2	3,7	**	**
Olor		Aceptable	**	**	Aceptable	**
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥ 6	≥ 5	≥ 4	≥ 5	≥ 4
pH	Unidad de pH	6,5 - 8,5	5,5 - 9,0	5,5 - 9,0	6-9 (2,5)	**
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1 000	1 000	1 500	**	**
Sulfatos	mg/L	250	**	**	**	**
Sulfuros	mg/L	0,05	**	**	0,05	**
Turbiedad	UNT <sup>90</sup>	5	100	**	100	**
<b>INORGÁNICOS</b>						
Aluminio	mg/L	0,2	0,2	0,2	0,2	**
Antimonio	mg/L	0,006	0,006	0,006	0,006	**
Arsénico	mg/L	0,01	0,01	0,05	0,01	**
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	0,7	**
Berilio	mg/L	0,004	0,04	0,04	0,04	**
Boro	mg/L	0,5	0,5	0,75	0,5	**
Cadmio	mg/L	0,003	0,003	0,01	0,01	**
Cobre	mg/L	2	2	2	2	**
Cromo Total	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	**
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	**
Hierro	mg/L	0,3	1	1	0,3	**
Manganeso	mg/L	0,1	0,4	0,5	0,1	**
Mercurio	mg/L	0,001	0,002	0,002	0,001	**
Níquel	mg/L	0,02	0,025	0,025	0,02	**
Plata	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	0,05
Plomo	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	**
Selenio	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,01	**
Uranio	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Vanadio	mg/L	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Zinc	mg/L	3	5	5	3	**
<b>ORGÁNICOS</b>						
<b>I. COMPUESTOS ORGÁNICOS VOLÁTILES</b>						
Hidrocarburos totales de petróleo, HTPP	mg/L	0,05	0,2	0,2		
Trihalometanos	mg/L	0,1	0,1	0,1	**	**
<b>Compuestos Orgánicos Volátiles, COVs</b>						
1,1,1-Tricloroetano - 71-55-6	mg/L	2	2	**	**	**
1,1-Dicloroetano - 75-35-4	mg/L	0,03	0,03	**	**	**
1,2-Dicloroetano - 107-06-2	mg/L	0,03	0,03	**	**	**
1,2-Diclorobenceno - 95-50-1	mg/L	1	1	**	**	**
Hexaclorobutadieno - 87-68-3	mg/L	0,0006	0,0006	**	**	**
Tetracloroetano - 127-18-4	mg/L	0,04	0,04	**	**	**
Tetracloruro de Carbono - 56-23-5	mg/L	0,002	0,002	**	**	**
Tricloroetano - 79-01-6	mg/L	0,07	0,07	**	**	**
<b>BETX</b>						

PARÁMETRO	UNIDAD	Agua superficial destinada a la producción de agua potable			Agua superficial destinada para recreación	
		A1	A2	A3	B1	B2
		Agua que pueden ser potabilizadas con desinfección	Agua que pueden ser potabilizadas con tratamiento convencional	Agua que pueden ser potabilizadas con tratamiento avanzado	Contato Primario	Contato Secundario
		VALOR	VALOR	VALOR	VALOR	VALOR
Benceno - 71-43-2	mg/L	0,01	0,01	**	**	**
Etilbenceno - 100-41-4	mg/L	0,3	0,3	**	**	**
Tolueno - 108-88-3	mg/L	0,7	0,7	**	**	**
Xilenos - 1330-20-7	mg/L	0,5	0,5	**	**	**
<b>Hidrocarburos Aromáticos</b>						
Benzo(a)pireno - 50-32-8	mg/L	0,0007	0,0007	**	**	**
Pentaclorofenol (PCF)	mg/L	0,009	0,009	**	**	**
Triclorobencenos (Totales)	mg/L	0,02	0,02	**	**	**
<b>Plaguicidas</b>						
<b>Organofosforados:</b>						
Malatión	mg/L	0,0001	0,0001	**	**	**
Metamidofós (restringido)	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Paraquat (restringido)	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Peratión	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
<b>Organoclorados (COP)*:</b>						
Aldrín - 309-00-2	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Clordano	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
DDT	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Dieldrín - 60-57-1	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Endosulfán	mg/L	0,000056	0,000056	*	**	**
Endrín - 72-20-8	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Heptacloro - 76-44-8	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
Heptacloro epóxido 1024-57-3	mg/L	0,00003	0,00003	*	**	**
Lindano	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
<b>Carbamatos:</b>						
Aldicarb (restringido)	mg/L	Ausencia	Ausencia	Ausencia	**	**
<b>Policloros Bifenilos Totales</b>						
(PCBs)	mg/L	0,000001	0,000001	**	**	**
<b>Otros</b>						
Asbesto	Millones de fibras/L	7	**	**	**	**
<b>MICROBIOLÓGICO</b>						
Coliformes Termotolerantes (44,5 °C)	NMP/100 mL	0	2 000	20 000	200	1 000
Coliformes Totales (35 - 37 °C)	NMP/100 mL	50	3 000	50 000	1 000	4 000
Enterococos fecales	NMP/100 mL	0	0		200	**
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100 mL	0	0		Ausencia	Ausencia
Formas parasitarias	Organismo/Litro	0	0		0	
<i>Giardia duodenalis</i>	Organismo/Litro	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia
<i>Salmonella</i>	Presencia/100 mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia	0	0
<i>Vibrio Cholerae</i>	Presencia/100 mL	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia	Ausencia

UNT Unidad Nefelométrica Turbiedad  
NMP/100 mL Número más probable en 100 mL

\* Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP)

\*\* Se entenderá que para esta subcategoría, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la Autoridad competente determine.

## CATEGORÍA 2: ACTIVIDADES MARINO COSTERAS

PARÁMETRO	UNIDADES	AGUA DE MAR		
		Sub Categoría 1 Extracción y Cultivo de Moluscos Bivalves (C1)	Sub Categoría 2 Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas (C2)	Sub Categoría 3 Otras Actividades (C3)
<b>ORGANOLÉPTICOS</b>				
Hidrocarburos de Petróleo		No Visible	No Visible	No Visible
<b>FISICOQUÍMICOS</b>				
Aceites y grasas	mg/L	1,0	1,0	2,0
DBO <sub>5</sub>	mg/L	**	10,0	10,0
Oxígeno Disuelto	mg/L	>=4	>=3	>=2,5
pH	Unidad de pH	7 - 8,5	6,8 - 8,5	6,8 - 8,5
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	**	50,0	70,0
Sulfuro de Hidrógeno	mg/L	**	0,06	0,08
Temperatura	°C	**delta 3 °C	**delta 3 °C	**delta 3 °C
<b>INORGÁNICOS</b>				
Amoníaco	mg/L	**	0,08	0,21
Arsénico total	mg/L	0,05	0,05	0,05
Cadmio total	mg/L	0,0092	0,0093	0,0093
Cobre total	mg/L	0,0031	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05
Fosfatos (P-PO4)	mg/L	**	0,03 - 0,09	0,1

PARÁMETRO	UNIDADES	AGUA DE MAR		
		Sub Categoría 1	Sub Categoría 2	Sub Categoría 3
		Extracción y Cultivo de Moluscos Bivalvos (C1)	Extracción y cultivo de otras especies hidrobiológicas (C2)	Otras Actividades (C3)
Mercurio total	mg/L	0,0094	0,001	0,001
Níquel total	mg/L	3,0082	0,1	0,1
Nitritos (H-NO3)	mg/L	**	0,07 - 0,28	0,3
Plomo total	mg/L	3,0081	0,0081	0,0081
Silicatos (Si-Si O3)	mg/L	**	0,14 - 0,70	**
Zinc total	mg/L	0,081	0,081	0,081
<b>ORGÁNICOS</b>				
Hidrocarburos de petróleo totales (fracción aromática)	mg/L	0,007	0,007	0,01
<b>MICROBIOLÓGICOS</b>				
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	* ≤14 (área aprobada)	≤30	1000
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	* ≤88 (área restringida)		

NMP/100 mL. Número más probable en 100 mL.

\* Área Aprobada: Áreas de dónde se extraen o cultivan moluscos bivalvos seguros para el comercio directo y consumo, libres de contaminación fecal humana o animal, de organismos patógenos o cualquier sustancia deletérea o venenosa y potencialmente peligrosa.

\* Área Restringida: Áreas acuáticas impactadas por un grado de contaminación donde se extraen moluscos bivalvos seguros para consumo humano luego de ser depurados.

\*\* Se entenderá que para este uso, el parámetro no es relevante, salvo casos específicos que la Autoridad competente lo determine.

\*\*\* La temperatura corresponde al promedio mensual multianual del área evaluada.

**CATEGORÍA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDAS DE ANIMALES**

PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO BAJO Y TALLO ALTO		
PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
<b>Fisicoquímicos</b>		
Bicarbonatos	mg/L	370
Calcio	mg/L	200
Carbonatos	mg/L	5
Cloruros	mg/L	100-700
Conductividad	(uS/cm)	<2 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	15
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	40
Fluoruros	mg/L	1
Fosfatos - P	mg/L	1
Nitratos (NO3-N)	mg/L	10
Nitritos (NO2-N)	mg/L	0,06
Oxígeno Disuelto	mg/L	>=4
pH	Unidad de pH	6,5 - 8,5
Sodio	mg/L	200
Sulfatos	mg/L	300
Sulfuros	mg/L	0,05
<b>Inorgánicos</b>		
Aluminio	mg/L	5
Arsénico	mg/L	0,05
Bario total	mg/L	0,7
Boro	mg/L	0,5-6
Cadmio	mg/L	0,005
Cianuro Wad	mg/L	0,1
Cobalto	mg/L	0,05
Cobre	mg/L	0,2
Cromo (6+)	mg/L	0,1
Hierro	mg/L	1
Litio	mg/L	2,5
Magnesio	mg/L	150
Manganeso	mg/L	0,2
Mercurio	mg/L	0,001
Níquel	mg/L	0,2
Plata	mg/L	0,05
Plomo	mg/L	0,05
Selenio	mg/L	0,05
Zinc	mg/L	2
<b>Orgánicos</b>		
Aceites y Grasas	mg/L	1
Fenoles	mg/L	0,001
S.A.A.M. (detergentes)	mg/L	1
<b>Plaguicidas</b>		
Aldicarb	ug/L	1
Aldrin (CAS 309-00-2)	ug/L	0,004
Clordano (CAS 57-74-9)	ug/L	0,3
DDT	ug/L	0,001
Dieldrin (N° CAS 72-20-8)	ug/L	0,7
Endrin	ug/L	0,004

PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES DE TALLO BAJO Y TALLO ALTO		
PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR
Endosulfán	ug/L	0,02
Heptacloro (N° CAS 76-44-8) y heptacloropóxido	ug/L	0,1
Lindano	ug/L	4
Paralión	ug/L	7,5

## CATEGORÍA 3: RIEGO DE VEGETALES Y BEBIDAS DE ANIMALES

PARÁMETROS PARA RIEGO DE VEGETALES.			
PARÁMETROS	Unidad	Vegetales Tallo Bajo	Vegetales Tallo Alto
		Valor	Valor
<b>Biológicos</b>			
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1 000	2 000(3)
Coliformes Totales	NMP/100mL	5 000	5 000(3)
Enterococos	NMP/100mL	20	100
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	100	100
Huevos de Helminfos	huevos/filtro	<1	<1(1)
<i>Salmonella</i> sp.		Ausente	Ausente
<i>Vibrio cholerae</i>		Ausente	Ausente
<b>PARÁMETROS PARA BEBIDAS DE ANIMALES</b>			
PARÁMETROS	UNIDAD	VALOR	
<b>Fisicoquímicos</b>			
Conductividad Eléctrica	(uS/cm)	<=5000	
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	<=15	
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	40	
Fluoruro	mg/L	2	
Nitratos-(NO3-N)	mg/L	50	
Nitritos (NO2-N)	mg/L	1	
Oxígeno Disuelto	mg/L	> 5	
pH	Unidades de pH	6,5 - 8,4	
Sulfatos	mg/L	500	
Sulfuros	mg/L	0,05	
<b>Inorgánicos</b>			
Aluminio	mg/L	5	
Arsénico	mg/L	0,1	
Berilio	mg/L	0,1	
Boro	mg/L	5	
Cadmio	mg/L	0,01	
Cianuro WAD	mg/L	0,1	
Cobalto	mg/L	1	
Cobre	mg/L	0,5	
Cromo (6+)	mg/L	1	
Hierro	mg/L	1	
Litio	mg/L	2,5	
Magnesio	mg/L	150	
Manganeso	mg/L	0,2	
Mercurio	mg/L	0,001	
Níquel	mg/L	0,2	
Plata	mg/L	0,05	
Plomo	mg/L	0,05	
Selenio	mg/L	0,05	
Zinc	mg/L	24	
<b>Orgánicos</b>			
Aceites y Grasas	mg/L	1	
Fenoles	mg/L	0,001	
S.A.A.M. (detergentes)	mg/L	1	
<b>Plaguicidas</b>			
Aldicarb	ug/L	1	
Aldrin (CAS 309-00-2)	ug/L	0,03	
Clordano (CAS 57-74-9)	ug/L	0,3	
DDT	ug/L	1	
Dieldrin (N° CAS 72-20-8)	ug/L	0,7	
Endosulfán	ug/L	0,02	

Endrín	ug/L	0,004
Heptacloro (N° CAS 76-44-8) y heptacloropóxido	ug/L	0,1
Lindano	ug/L	4
Paratión	ug/L	7,5
<b>Biológicos</b>		
Coliformes Termotolerantes	NMP/100mL	1 000
Coliformes Totales	NMP/100mL	5 000
Enterococos	NMP/100mL	20
<i>Escherichia coli</i>	NMP/100mL	100
Huevos de Helminfos	huevo/filtro	<1
<i>Salmonella</i> sp.	Ausente	
<i>Vibrio cholerae</i>	Ausente	

**NOTA :**

NMP/100: Número más probable en 100 mL.

**Vegetales de Tallo alto:** Son plantas cultivables o no, de porte arbustivo o arbóreo y tienen una buena longitud de tallo. las especies leñosas y forestales tienen un sistema radicular pivotante profundo (1 a 20 metros). Ejemplo: Forestales, árboles frutales, etc.

**Vegetales de Tallo bajo:** Son plantas cultivables o no, frecuentemente porte herbácea, debido a su poca longitud de tallo alcanzan poca altura. Usualmente, las especies herbáceas de porte bajo tienen un sistema radicular difuso o fibroso, poco profundo (10 a 50 cm). Ejemplo: Hortalizas y verdura de tallo corto, como ajo, lechuga, fresas, col, repollo, apio y arveja, etc.

**Animales mayores:** Entiéndase como animales mayores a vacunos, ovinos, porcinos, camélidos y equinos, etc.

**Animales menores:** Entiéndase como animales menores a caprinos, cuyes, aves y conejos

**SAAM:** Sustancias activas de azul de metileno

**CATEGORÍA 4: CONSERVACIÓN DEL AMBIENTE ACUÁTICO**

PARÁMETROS	UNIDADES	LAGUNAS Y LAGOS	RÍOS		ECOSISTEMAS MARINO COSTEROS	
			COSTA Y SIERRA	SELVA	ESTUARIOS	MARINOS
<b>FÍSICOS Y QUÍMICOS</b>						
Aceites y grasas	mg/L	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	Ausencia de película visible	1	1
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	mg/L	<5	<10	<10	15	10
Nitrógeno Amónico	mg/L	<0,02	0,02	0,05	0,05	0,08
Temperatura	Celsius					delta 3 °C
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥5	≥5	≥5	≥4	≥4
pH	unidad	6,5-8,5	6,5-8,5		6,8-8,5	6,8 - 8,5
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	500	500	500	500	
Sólidos Suspendedos Totales	mg/L	≤25	≤25 - 100	≤25 - 400	≤25-100	30,00
<b>INORGÁNICOS</b>						
Arsénico	mg/L	0,01	0,05	0,05	0,05	0,05
Bario	mg/L	0,7	0,7	1	1	—
Cadmio	mg/L	0,004	0,004	0,004	0,005	0,005
Cianuro Libre	mg/L	0,022	0,022	0,022	0,022	—
Clorofila A	mg/L	10	—	—	—	—
Cobre	mg/L	0,02	0,02	0,02	0,05	0,05
Cromo VI	mg/L	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Fenoles	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,001	
Fosfatos Total	mg/L	0,4	0,5	0,5	0,5	0,031 - 0,093
Hidrocarburos de Petróleo Aromáticos Totales	Ausente				Ausente	Ausente
Mercurio	mg/L	0,0001	0,0001	0,0001	0,001	0,0001
Nitratos (N-NO3)	mg/L	5	10	10	10	0,07 - 0,28
<b>INORGÁNICOS</b>						
Nitrógeno Total	mg/L	1,6	1,6		—	—
Níquel	mg/L	0,025	0,025	0,025	0,002	0,0082
Plomo	mg/L	0,001	0,001	0,001	0,0081	0,0081
Silicatos	mg/L	—	—	—	—	0,14-0,7
Sulfuro de Hidrógeno (H2S indisoluble)	mg/L	0,002	0,002	0,002	0,002	0,06
Zinc	mg/L	0,03	0,03	0,3	0,03	0,061
<b>MICROBIOLÓGICOS</b>						
Coliformes Termotolerantes	(NMP/100mL)	1 000	2 000		1 000	≤30
Coliformes Totales	(NMP/100mL)	2 000	3 000		2 000	

**NOTA :** Aquellos parámetros que no tienen valor asignado se debe reportar cuando se dispone de análisis

**Dureza:** Medir "dureza" del agua muestreada para contribuir en la interpretación de los datos (método/técnica recomendada: APHA-AWWA-WPCF 2340C)

**Nitrógeno total:** Equivalente a la suma del nitrógeno Kjeldahl total (Nitrógeno orgánico y amoniacal), nitrógeno en forma de nitrato y nitrógeno en forma de nitrito (NO)

**Amonio:** Como NH3 no ionizado

**NMP/100 mL:** Número más probable de 100 mL.

**Ausente:** No deben estar presentes a concentraciones que sean detectables por olor, que afecten a los organismos acuáticos comestibles, que puedan formar depósitos de sedimentos en las orillas o en el fondo, que puedan ser detectados como películas visibles en la superficie o que sean nocivos a los organismos acuáticos presentes.



**ANEXO N° 04:**  
**REGISTRO DE LECTURAS DE CONSUMO DE**  
**AGUA - EPSASA**



## HUAMANGA

HISTORICO DE LECTURAS

tastral : 1-1-3-1-70-1

Direccion de la conexión:

U.N.S.C.H. (CIUDAD UNIVERSITARIA)

Avenida INDEPENDENCIA 8 URB MARISCAL CA

220

Suministro : 13073540

Anio	Tipo Lectura	Medidor	Fecha Lectura	Lectura	Consumo	Codigo Lectu
2013		62899	01/11/2013	1522570	11890	0 Medician normal
2013		62899	01/10/2013	1510680	16300	0 Medician normal
2013		62899	01/09/2013	1494380	17450	0 Medician normal
2013		62899	01/08/2013	1476930	15590	0 Medician normal
2013		62899	02/07/2013	1461340	15370	0 Medician normal
2013		62899	01/06/2013	1445970	13260	0 Medician normal
2013		62899	06/05/2013	1432710	13210	0 Medician normal
2013		62899	02/04/2013	1419500	6930	0 Medician normal
2013		62899	01/03/2013	1412570	9220	0 Medician normal
2013		62899	01/02/2013	1403350	7680	0 Medician normal
2013		62899	01/01/2013	1395670	11660	0 Medician normal
2012		62899	01/12/2012	1384010	13090	0 Medician normal
2012		62899	01/11/2012	1370920	11380	0 Medician normal
2012		62899	01/10/2012	1359540	12670	0 Medician normal
2012		62899	01/09/2012	1346870	19730	0 Medician normal
2012		62899	01/08/2012	1327140	21000	0 Medician normal
2012		62899	01/07/2012	1306140	18770	0 Medician normal
2012		62899	01/06/2012	1287370	18220	0 Medician normal
2012		62899	03/05/2012	1269150	11810	0 Medician normal
2012		62899	01/04/2012	1257340	11270	0 Medician normal
2012		62899	01/03/2012	1246070	12890	0 Medician normal
2012		62899	01/02/2012	1233270	15540	0 Medician normal
2012		62899	01/01/2012	1217730	15110	0 Medician normal
2011		62899	01/12/2011	1202620	21020	0 Medician normal
2011		62899	01/11/2011	1181600	16170	0 Medician normal
2011		62899	02/10/2011	1165430	18380	0 Medician normal
2011		62899	01/09/2011	1147050	19810	0 Medician normal
2011		62899	01/08/2011	1127240	23960	0 Medician normal
2011		62899	01/07/2011	1103280	23200	0 Medician normal
2011		62899	03/06/2011	1080080	17150	0 Medician normal
2011		62899	01/05/2011	1062930	14180	0 Medician normal
2011		62899	01/04/2011	1048750	11710	0 Medician normal
2011		62899	01/03/2011	1037040	13650	0 Medician normal
2011		62899	01/02/2011	1023390	17050	0 Medician normal
2011		62899	01/01/2011	1006340	18550	0 Medician normal
2010		62899	01/12/2010	987790	21980	0 Medician normal
2010		62899	01/11/2010	965810	21370	0 Medician normal
2010		62899	01/10/2010	944440	20280	0 Medician normal
2010		62899	01/09/2010	924160	24260	0 Medician normal
2010		62899	05/08/2010	899900	27740	0 Medician normal
2010		62899	01/07/2010	872160	23620	0 Medician normal
2010		62899	01/06/2010	848540	22860	0 Medician normal
2010		62899	01/05/2010	825680	16730	0 Medician normal
2010		62899	01/04/2010	808950	11460	0 Medician normal



**ANEXO N° 05:**  
**PAGO DE RECIBOS POR MES**



**ESTADO DE CUENTA Desde: 01/01/1998 Hasta: 03/12/2013**

**SUMINISTRO 13073540**

Estado **ACTIVA**  
 Agua:

Estado **ACTIVA**  
 Desague:

ral: 1-1-3-1-70-1

Ciente: U.N.S.C.H. (CIUDAD UNIVERSITARIA)

**Saldo Inicial**

13660754

DNI:

Direccion: Avenida INDEPENDENCIA 8 URB MARISCAL CACERES

Tipo	Serie	Nº Doc	Operación	Canal	Cargo	Abono	Saldo	Nº Voucher
		2372260	FACTURACION DE PENSIONES		11,605.30	0.00	11,605.30	
		2372260	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	11,605.30	0.00	
		2401796	FACTURACION DE PENSIONES		11,256.60	0.00	11,256.60	
		2431439	FACTURACION DE PENSIONES		11,526.10	0.00	22,782.70	
		2401796	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	11,256.60	11,526.10	
		2461157	FACTURACION DE PENSIONES		11,316.40	0.00	22,842.50	
		2431439	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	11,526.10	11,316.40	
		2490885	FACTURACION DE PENSIONES		10,833.20	0.00	22,149.60	
		2461157	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	11,316.40	10,833.20	
		2490885	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	10,833.20	0.00	
		2520824	FACTURACION DE PENSIONES		11,462.60	0.00	11,462.60	
		2520824	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	11,462.60	0.00	
		2550945	FACTURACION DE PENSIONES		11,254.10	0.00	11,254.10	
		2550945	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	11,254.10	0.00	
		2581248	FACTURACION DE PENSIONES		11,220.70	0.00	11,220.70	
		2581248	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	11,220.70	0.00	
		2611978	FACTURACION DE PENSIONES		11,180.10	0.00	11,180.10	
		2611978	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	11,180.10	0.00	
		2643049	FACTURACION DE PENSIONES		11,132.10	0.00	11,132.10	
		2643049	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	11,132.10	0.00	
		2674220	FACTURACION DE PENSIONES		19,425.90	0.00	19,425.90	
		2674220	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	19,425.90	0.00	
		2705581	FACTURACION DE PENSIONES		13,505.20	0.00	13,505.20	
		2705581	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	13,505.20	0.00	
		2737091	FACTURACION DE PENSIONES		11,511.60	0.00	11,511.60	
		2737091	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	11,511.60	0.00	
		2768827	FACTURACION DE PENSIONES		11,607.70	0.00	11,607.70	
		2768827	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	11,607.70	0.00	
		2800592	FACTURACION DE PENSIONES		13,204.90	0.00	13,204.90	
		2800592	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	13,204.90	0.00	
		2832550	FACTURACION DE PENSIONES		9,974.40	0.00	9,974.40	
		2832550	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	9,974.40	0.00	
		2864406	FACTURACION DE PENSIONES		12,192.10	0.00	12,192.10	
		2864406	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	12,192.10	0.00	
		2896517	FACTURACION DE PENSIONES		22,055.90	0.00	22,055.90	
		2896517	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	22,055.90	0.00	
		2928698	FACTURACION DE PENSIONES		24,084.50	0.00	24,084.50	
		2928698	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	24,084.50	0.00	
		2960968	FACTURACION DE PENSIONES		19,684.80	0.00	19,684.80	
		2960968	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	19,684.80	0.00	
		2993343	FACTURACION DE PENSIONES		19,460.30	0.00	19,460.30	
		2993343	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	19,460.30	0.00	
		3025895	FACTURACION DE PENSIONES		22,894.60	0.00	22,894.60	
		3025895	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	22,894.60	0.00	
		3058602	FACTURACION DE PENSIONES		12,848.30	0.00	12,848.30	
		3058602	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	12,848.30	0.00	
		133	REBAJA DE FACTURA		0.00	47.48	-47.48	
		3091459	FACTURACION DE PENSIONES		17,859.50	0.00	17,812.02	



**ESTADO DE CUENTA Desde: 01/01/1998 Hasta: 03/12/2013**

**SUMINISTRO 13073540**

Estado **ACTIVA**  
Agua:

Estado **ACTIVA**  
Desague:

al: 1-1-3-1-70-1

Cliente: U.N.S.C.H. (CIUDAD UNIVERSITARIA)

**Saldo  
Inicial**

3660754

DNI:

Dirección: Avenida INDEPENDENCIA 8 URB MARISCAL CACERES

Tipo	Serie	Nº Doc	Operación	Canal	Cargo	Abono	Saldo	Nº Voucher
		3091459	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	17,812.02	0.00	
		3124424	FACTURACION DE PENSIONES		13,704.00	0.00	13,704.00	
		3124424	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	13,704.00	0.00	
		3157318	FACTURACION DE PENSIONES		13,751.60	0.00	13,751.60	
		3157318	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	13,751.60	0.00	
		3190413	FACTURACION DE PENSIONES		12,519.30	0.00	12,519.30	
		3190413	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	12,519.30	0.00	
		3223500	FACTURACION DE PENSIONES		6,997.30	0.00	6,997.30	
		3223500	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	6,997.30	0.00	
		3256613	FACTURACION DE PENSIONES		11,362.80	0.00	11,362.80	
		3256613	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	11,362.80	0.00	
		3289899	FACTURACION DE PENSIONES		20,749.00	0.00	20,749.00	
		3289899	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	20,749.00	0.00	
		3323354	FACTURACION DE PENSIONES		23,475.40	0.00	23,475.40	
		3323354	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	23,475.40	0.00	
		3356931	FACTURACION DE PENSIONES		19,218.60	0.00	19,218.60	
		3356931	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	19,218.60	0.00	
		3395980	FACTURACION DE PENSIONES		23,094.90	0.00	23,094.90	
		3395980	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	23,094.90	0.00	
		3429687	FACTURACION DE PENSIONES		29,883.90	0.00	29,883.90	
		3429687	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	29,883.90	0.00	
		3457972	FACTURACION DE PENSIONES		26,368.10	0.00	26,368.10	
		3457972	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	26,368.10	0.00	
		3497632	FACTURACION DE PENSIONES		21,731.80	0.00	21,731.80	
		3497632	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	21,731.80	0.00	
		3526353	FACTURACION DE PENSIONES		16,964.60	0.00	16,964.60	
		3526353	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	16,964.60	0.00	
		3594804	FACTURACION DE PENSIONES		9,645.50	0.00	9,645.50	
		3594804	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	9,645.50	0.00	
		3629303	FACTURACION DE PENSIONES		14,585.70	0.00	14,585.70	
		3629303	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	14,585.70	0.00	
		3629832	FACTURACION DE PENSIONES		15,140.50	0.00	15,140.50	
		3629832	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	15,140.50	0.00	
		3664405	FACTURACION DE PENSIONES		22,101.60	0.00	22,101.60	
		3664405	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	22,101.60	0.00	
		3699074	FACTURACION DE PENSIONES		30,198.70	0.00	30,198.70	
		3699074	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	30,198.70	0.00	
		3733909	FACTURACION DE PENSIONES		31,242.90	0.00	31,242.90	
		3733909	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	31,242.90	0.00	
		3768944	FACTURACION DE PENSIONES		36,706.00	0.00	36,706.00	
		3768944	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	36,706.00	0.00	
		3839008	FACTURACION DE PENSIONES		32,048.00	0.00	32,048.00	
		3839008	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	32,048.00	0.00	
		3839540	FACTURACION DE PENSIONES		26,790.80	0.00	26,790.80	
		3839540	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	26,790.80	0.00	
		3875206	FACTURACION DE PENSIONES		28,230.60	0.00	28,230.60	
		3946596	FACTURACION DE PENSIONES		29,117.70	0.00	57,348.30	
		3946596	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	29,117.70	28,230.60	



**ESTADO DE CUENTA Desde: 01/01/1998 Hasta: 03/12/2013**

**SUMINISTRO 13073540**

Estado **ACTIVA**  
 Agua:

Estado **ACTIVA**  
 Desague:

**Saldo Inicial**

ral: 1-1-3-1-70-1

Cliente: U.N.S.C.H. (CIUDAD UNIVERSITARIA)

43660754

DNI:

Dirección: Avenida INDEPENDENCIA 8 URB MARISCAL CACERES

Tipo	Serie	Nº Doc	Operación	Canal	Cargo	Abono	Saldo	Nº Voucher
		3946596	PAGO DEUDA ANTERIOR ACUMULADA		0.00	28,230.60	0.00	
		3947134	FACTURACION DE PENSIONES		24,588.20	0.00	24,588.20	
		3947134	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	24,588.20	0.00	
		4019481	FACTURACION DE PENSIONES		22,595.10	0.00	22,595.10	
		4019481	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	22,595.10	0.00	
		4043436	FACTURACION DE PENSIONES		17,881.70	0.00	17,881.70	
		4043436	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	17,881.70	0.00	
		4092423	FACTURACION DE PENSIONES		16,459.90	0.00	16,459.90	
		4092423	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	16,459.90	0.00	
		4128916	FACTURACION DE PENSIONES		19,931.20	0.00	19,931.20	
		4128916	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	19,931.20	0.00	
		4165560	FACTURACION DE PENSIONES		24,894.50	0.00	24,894.50	
		4165560	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	24,894.50	0.00	
		4182113	FACTURACION DE PENSIONES		33,687.40	0.00	33,687.40	
		4182113	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	33,687.40	0.00	
		4226136	FACTURACION DE PENSIONES		34,778.60	0.00	34,778.60	
		4226136	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	34,778.60	0.00	
		4271581	FACTURACION DE PENSIONES		28,755.30	0.00	28,755.30	
		4271581	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	28,755.30	0.00	
		4312235	FACTURACION DE PENSIONES		26,679.80	0.00	26,679.80	
		4312235	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	26,679.80	0.00	
		4349220	FACTURACION DE PENSIONES		23,472.20	0.00	23,472.20	
		4349220	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	23,472.20	0.00	
		4349734	FACTURACION DE PENSIONES		30,555.60	0.00	30,555.60	
		4349734	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	30,555.60	0.00	
		4386947	FACTURACION DE PENSIONES		21,933.70	0.00	21,933.70	
		4424833	FACTURACION DE PENSIONES		22,642.60	0.00	44,576.30	
		4386947	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	21,933.70	22,642.60	
		4424833	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	22,642.60	0.00	
		4500046	FACTURACION DE PENSIONES		18,658.10	0.00	18,658.10	
		4500046	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	18,658.10	0.00	
		4500564	FACTURACION DE PENSIONES		16,360.30	0.00	16,360.30	
		4500564	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	16,360.30	0.00	
		4538426	FACTURACION DE PENSIONES		17,144.10	0.00	17,144.10	
		4576282	FACTURACION DE PENSIONES		26,515.20	0.00	43,659.30	
		4576282	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	26,515.20	17,144.10	
		4576282	PAGO DEUDA ANTERIOR ACUMULADA		0.00	17,144.10	0.00	
		4614468	FACTURACION DE PENSIONES		27,354.20	0.00	27,354.20	
		4614468	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	27,354.20	0.00	
		4652801	FACTURACION DE PENSIONES		31,449.00	0.00	31,449.00	
		4652801	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	31,449.00	0.00	
		4691498	FACTURACION DE PENSIONES		29,547.20	0.00	29,547.20	
		4691498	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	29,547.20	0.00	
		4730462	FACTURACION DE PENSIONES		18,975.40	0.00	18,975.40	
		4730462	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	18,975.40	0.00	
		4769729	FACTURACION DE PENSIONES		17,043.80	0.00	17,043.80	
		4769729	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	17,043.80	0.00	
		4809798	FACTURACION DE PENSIONES		19,604.40	0.00	19,604.40	



**ESTADO DE CUENTA Desde: 01/01/1998 Hasta: 03/12/2013**

**SUMINISTRO 13073540**

Estado **ACTIVA**  
 Agua:

Estado **ACTIVA**  
 Desague:

tral: 1-1-3-1-70-1

Cliente: U.N.S.C.H. (CIUDAD UNIVERSITARIA)

**Saldo Inicial**

43660754

DNI:

Direccion: Avenida INDEPENDENCIA 8 URB MARISCAL CACERES

Tipo	Serie	Nº Doc	Operación	Canal	Cargo	Abono	Saldo	Nº Voucher
2		4809798	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	19,604.40	0.00	
3		4849761	FACTURACION DE PENSIONES		17,463.00	0.00	17,463.00	
3		4889247	FACTURACION DE PENSIONES		11,554.70	0.00	29,017.70	
3		4889247	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	11,554.70	17,463.00	
3		4889247	PAGO DEUDA ANTERIOR ACUMULADA		0.00	17,463.00	0.00	
3		4929441	FACTURACION DE PENSIONES		13,809.30	0.00	13,809.30	
3		4929441	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	13,809.30	0.00	
3		4969637	FACTURACION DE PENSIONES		10,380.30	0.00	10,380.30	
3		4969637	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	10,380.30	0.00	
3		5009970	FACTURACION DE PENSIONES		19,784.10	0.00	19,784.10	
3		5009970	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	19,784.10	0.00	
3		5050411	FACTURACION DE PENSIONES		19,858.90	0.00	19,858.90	
3		5050411	PAGO RECIBO DE PENSIONES		0.00	19,858.90	0.00	
14	5	5100610	FACTURACION DE PENSIONES		23,018.50	0.00	23,018.50	
14	5	5100610	PAGO DEUDA ANTERIOR ACUMULADA	BANCO	0.00	23,018.50	0.00	I-AYAC-20658683
14	5	5152373	FACTURACION DE PENSIONES		23,347.90	0.00	23,347.90	
14	5	5152373	PAGO DEUDA ANTERIOR ACUMULADA	BANCO	0.00	23,347.90	0.00	I-AYAC-20755811
14	5	5192954	FACTURACION DE PENSIONES		26,133.10	0.00	26,133.10	
14	5	5192954	PAGO DEUDA ANTERIOR ACUMULADA	BANCO	0.00	26,133.10	0.00	I-AYAC-20824020
14	5	5233680	FACTURACION DE PENSIONES		24,411.10	0.00	24,411.10	
14	5	5233680	PAGO DEUDA ANTERIOR ACUMULADA	BANCO	0.00	24,411.10	0.00	I-AYAC-20904966
14	5	5274738	FACTURACION DE PENSIONES		17,807.50	0.00	17,807.50	
14	5	5274738	PAGO DEUDA ANTERIOR ACUMULADA	BANCO	0.00	17,807.50	0.00	I-AYAC-21000028

idad Mov. 167

***Situación a hoy***

de Convenio Vencidas:	0.00	Recibos Vencidos	0.00
0.00 <b>Cargos pendientes de Facturación</b>	0.00 <b>Anticipo no aplicado</b>	0.00 <b>Refacturación no aplicada</b>	0.00 <b>Saldo a Favor</b>
<b>Saldo Fina</b>		<b>0.00</b>	



**ANEXO N° 06:**  
**COPIA DE RECIBO DE AGUA**

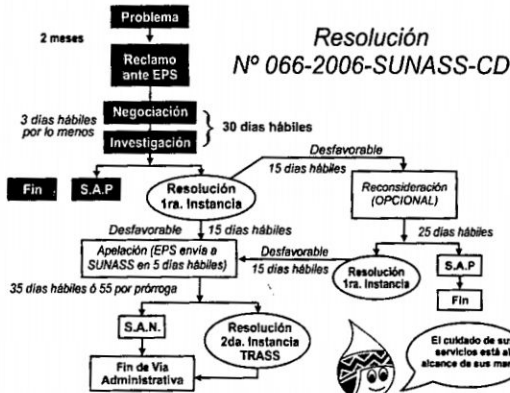
Todo pago se realizan en centros de recaudación autorizados y oficinas de EPSASA



**FONO YAKU** INFORMES 31-2413  
EMERGENCIA 31-2374

**PROCEDIMIENTOS DE ATENCIÓN Y SOLUCIÓN DE RECLAMOS DE LOS USUARIOS DE EPSASA**

Nº 54169



**USTED DEBE SABER ESTO**

Su reclamo deberá presentarlo directamente a la Empresa del agua de su localidad.  
Si el reclamo deriva de un problema que atenta contra su salud será atendido de inmediato.  
Cumple con los plazos requeridos para evitar que su reclamo sea rechazado por extemporáneo.  
Todas las resoluciones o respuestas le serán notificadas a su domicilio.  
Instancia = Etapa de Procedimiento.  
Su empresa de agua tiene la obligación de darle mayor información.

**SUNASS:**  
Dirección: Jr. Lima Nº 145  
Teléfono: 066 - 318686

APROBADO CON: OFICIO Nº 536-2012/SUNASS-120  
RESOLUCIÓN Nº 087-2007-SUNASS-CD

TARIFAS POR EL SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO						
Clase	Categoría	Rango (m3)	Tarifas (S./m3)		Cargo Fijo (S./)	Asignación de Consumo (m3/mes)
			Agua	Alcantarillado		
Residencial	Social	0 a 10	0,268	0,125	0,00	10
		10 a más	0,470	0,228	2,65	
	Doméstico	0 a 8	0,551	0,240	2,65	20
		8 a 20	0,572	0,251	2,65	
No Residencial	Comercial	20 a más	1,032	0,460	2,65	30
		0 a 30	1,282	0,580	2,65	
	Industrial	30 a más	1,669	0,781	2,65	60
		0 a más	2,351	1,069	2,65	
	Estatal	0 a más	0,875	0,394	2,65	100

CENTROS AUTORIZADOS DE RECAUDACIÓN	
- Multiservicios "SALESIANO"	Jr. Mañco Capac Nº 375
- Caja Municipal "HUANCAYO"	Jr. Callao Nº 219 - 221
- Banco Interbank y Agentes	
NOTA:	<b>PAGOS DE UN MES</b> (*) SABADO - DOMINGO Y FERIADOS

Nº 054169

VERIFIQUE FECHA DE PAGO

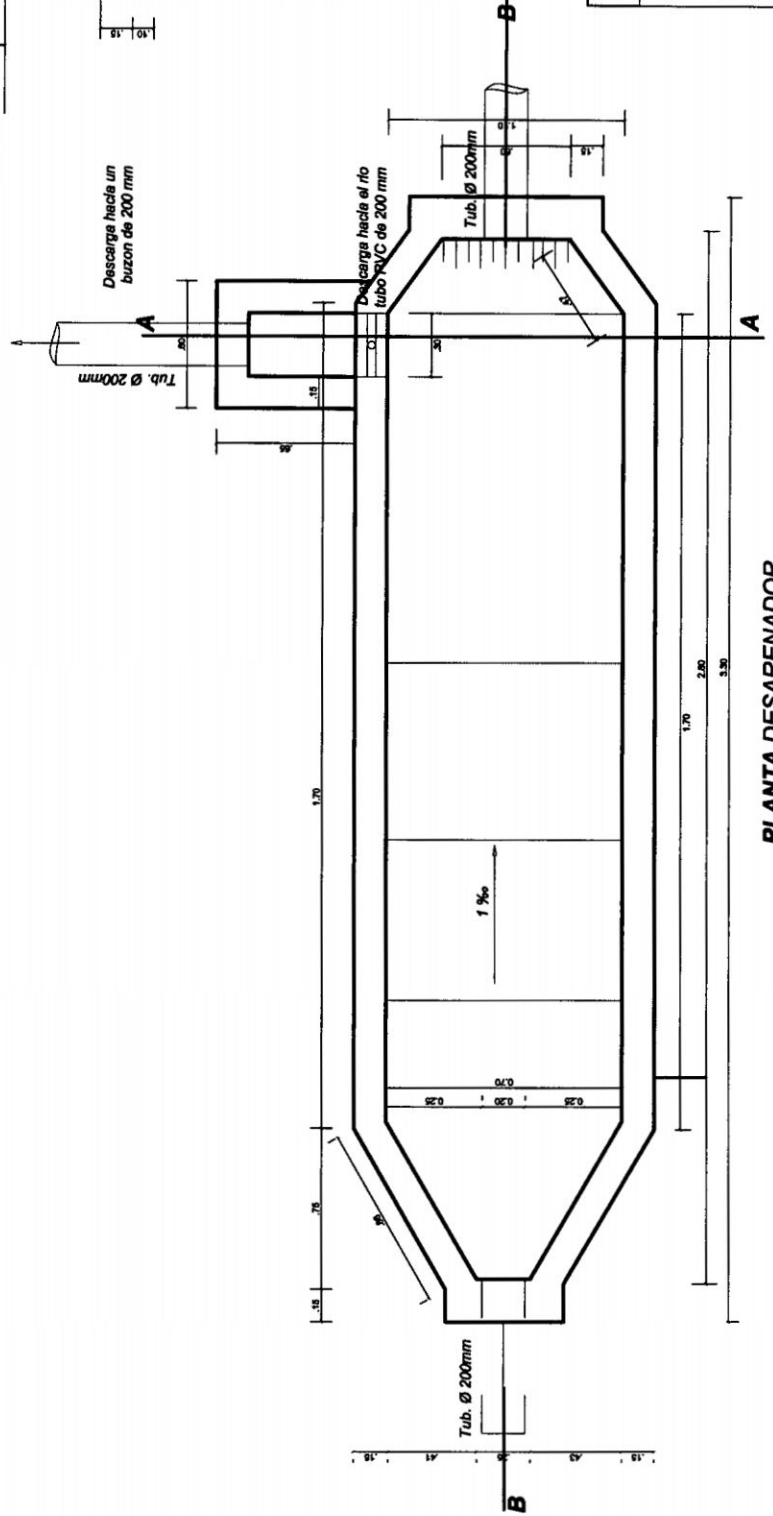
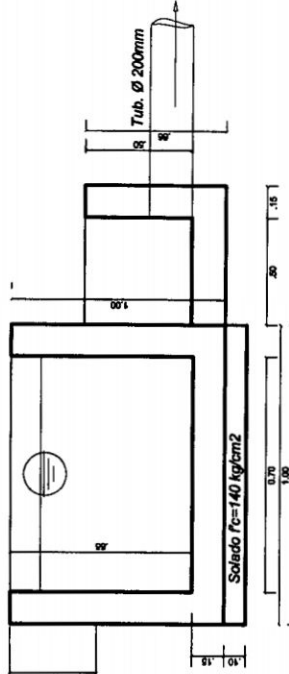
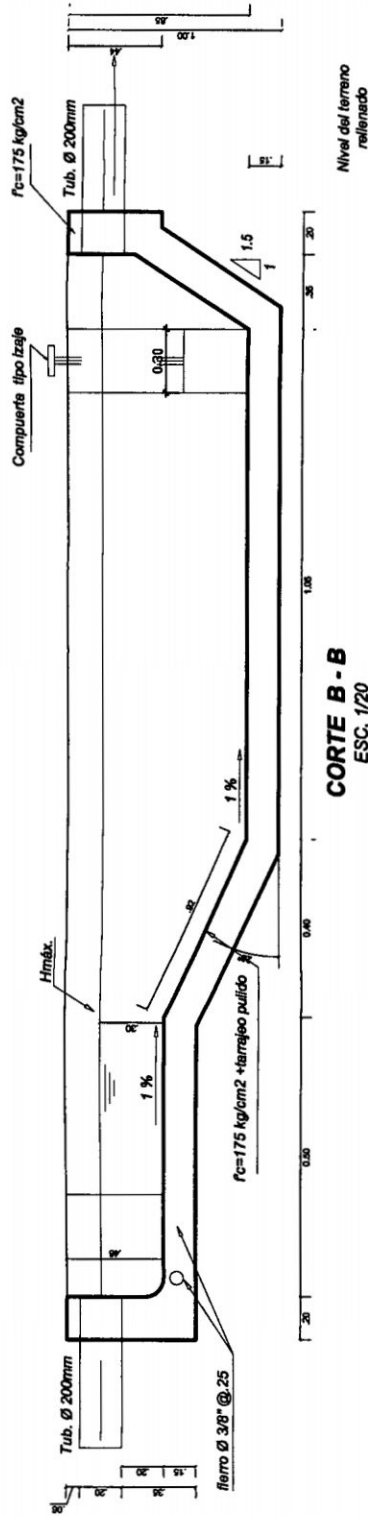
*Señor cliente, el pago de esta factura, corresponde a su consumo del mes anterior.*



**ANEXO N° 07:**

**PLANOS**





UNIVERSIDAD NACIONAL SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

PROYECTO: DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES CON FINES DE RIEGO DE LAS AGUAS VERDES EN LA CIUDAD UNIVERSITARIA - URUBI, AYACUCHO, 2017

PLANO 1

LOCALIDAD: Ciudad Huamanga	URUBI	DESARROLLADO POR	ING. MSc. JUAN CARLOS CHAVEZ
ESTRUCTURA: Estructura de concreto	PROYECTO: Tratamiento de aguas residuales	REVISADO POR	ING. MSc. JUAN CARLOS CHAVEZ
PROYECTISTA: JUAN CARLOS CHAVEZ	PROYECTISTA: JUAN CARLOS CHAVEZ	PROYECTISTA: JUAN CARLOS CHAVEZ	PROYECTISTA: JUAN CARLOS CHAVEZ
PROYECTISTA: JUAN CARLOS CHAVEZ	PROYECTISTA: JUAN CARLOS CHAVEZ	PROYECTISTA: JUAN CARLOS CHAVEZ	PROYECTISTA: JUAN CARLOS CHAVEZ

Nro PLANO  
**PT-02**

**PLANTA DESARENADOR**  
ESC. 1/25