

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE
HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“REDUCCION DEL GASTO DE FILTRACION POR INYECCION
DE IMPERMEABILIZACION EN LA PRESA CARNICERIA PAMPA
– HUAMANGUILLA – HUANTA – AYACUCHO – 2014”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PRESENTADO POR:

ROBERTO LAPA NAVARRO

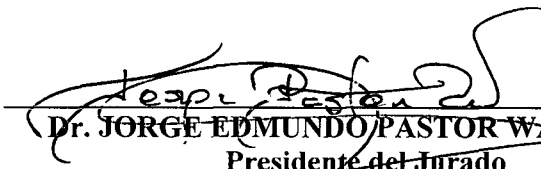
AYACUCHO – PERU

2015

**“REDUCCIÓN DEL GASTO DE FILTRACIÓN POR INYECCIÓN DE
IMPERMEABILIZACIÓN EN LA PRESA CARNICERÍA PAMPA -
HUAMANGUILLA - HUANTA - AYACUCHO - 2014”**

Recomendado : 03 diciembre de 2015


Aprobado : 23 de diciembre de 2015



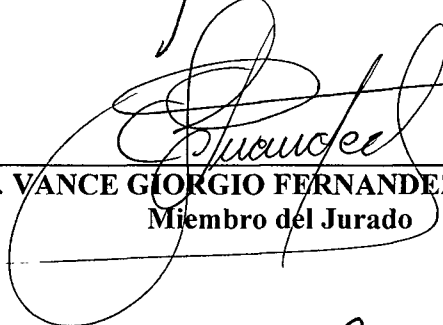
Dr. JORGE EDMUNDO PASTOR WATANABE
Presidente del Jurado



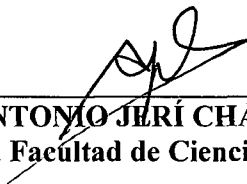
Ing. LEONIDAS ALEJANDRO ARIAS BALTAZAR
Miembro del Jurado



Ing. EDUARDO PACORI QUISPE
Miembro del Jurado



Ing. VANCE GIORGIO FERNANDEZ HUAMÁN
Miembro del Jurado



Dr. ANTONIO JERÍ CHÁVEZ
Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias

PRESENTACIÓN

Presento este trabajo como parte de los requisitos para optar el título profesional de Ingeniero Agrícola de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

Esta tesis contiene los resultados de la investigación realizada sobre la “Reducción del gasto de filtración por inyección de impermeabilización en la presa Carnicería Pampa – Huamanguilla – Huanta – Ayacucho - 2014”. Validado en una aplicación real y adecuado para la zona.

ROBERTO LAPA NAVARRO

Lapa_Inr@hotmail.com

Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Agrícola

Facultad de Ciencias Agrarias

Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga

DEDICATORIA

Con todo amor y gratitud a mis padres Sabino Lapa Calderón y Eulogía Navarro Pérez por su incomparable sacrificio en mi formación profesional.

A mis hermanos: Rosalía, Reyna Clarisa, Yack, Zaida y Katy por su apoyo incondicional durante la formación de mi vida profesional.

Con todo mi cariño a mi preciosa hija Keyla Emily por ser el motor de mi vida.

Y con todo cariño a Thalía Guerra por su comprensión y apoyo incondicional.

AGRADECIMIENTOS

- ❖ A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, alma mater de mi formación profesional.
- ❖ A la Facultad de Ciencias Agrarias, en especial a la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Agrícola, por haberme acogido durante mi formación profesional.
- ❖ A los docentes de la Escuela de Formación Profesional de Ingeniería Agrícola, por sus valiosas enseñanzas y orientaciones que me condujeron a lograr mis objetivos.
- ❖ Al Ing. Leónidas A. Arias Baltazar, por su asesoramiento y conducción del Trabajo de Tesis.
- ❖ A todas las personas, que de una u otra manera colaboraron con sus sugerencias en el desarrollo y culminación del Trabajo de Investigación.

RESUMEN

El principal propósito de este trabajo de tesis es analizar la reducción del gasto de filtración en la presa Carnicería Pampa para diferentes medidas contra filtración mediante simulación con el software SEEP/W 2007 del GeoStudio, esto es, con el fin de compararlas el gasto de filtración antes y después de la inyección de impermeabilización del mortero de cemento en la cimentación del dentellón de presa. La simulación se hace con los datos obtenidos de los ensayos realizados de las pruebas de permeabilidad.

También comprende el análisis del movimiento de agua en medios porosos en la cimentación de presa, mediante soluciones gráficas de redes de flujo, gobernada por la ecuación diferencial de flujo potencial (Ecu. Laplace), en los límites de validez de la Ley de Darcy, donde la variable principal son las alturas piezométricas y el gradiente hidráulico, que son factores fundamentales para la ocurrencia del fenómeno.

INDICE GENERAL

	Página
DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTO.....	ii
RESUMEN.....	iii
INDICE GENERAL.....	iv
INDICE DE FIGURAS.....	vii
INDICE DE CUADROS.....	xi
I. GENERALIDADES.....	1
1.1. INTRODUCCION.....	1
1.2. OBJETIVOS.....	3
1.2.1. Objetivo general.....	3
1.2.2. Objetivos específicos.....	3
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. MOVIMIENTO DEL AGUA EN MEDIOS POROSOS.....	4
2.1.1. RÉGIMEN SUPERCRÍTICO O SUBCRITICO.....	4
2.1.2. MOVIMIENTO LAMINAR O TURBULENTO.....	5
2.2. ANÁLISIS BÁSICO DEL FLUJO EN MEDIOS POROSOS.....	5
2.2.1. LEY DE DARCY.....	6
2.2.2. GRADIENTE HIDRAULICO.....	7
2.2.3. VARIACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICAS.....	8
2.2.3.1. Suelo Homogéneo y Heterogéneo.....	8
2.2.3.2. Suelo Isotropía.....	8
2.2.3.3. Suelo Anisotropía.....	8
2.2.4. LEY DE BERNOULLI APLICADO A MEDIOS POROSOS.....	9
2.2.5. ALTURA PIEZOMETRICA.....	10
2.3. ESTUDIO DEL MEDIO DE FILTRACION.....	10
2.3.1. TRATAMIENTO DEL MEDIO POROSO COMO CONTINUÓ.....	11
2.3.2. LIMITE DE VALIDEZ DE LA LEY DE DARCY.....	12

2.3.3. ECUACIONES HIDRODINAMICAS QUE RIGEN EL FLUJO DE AGUA ATRAVES DE LOS SUELOS.....	13
2.4. TEORIA DE LAS REDES DE FLUJO.....	16
2.4.1. LA RED DE FLUJO.....	16
2.4.2. TRAZO DE LA RED DE FLUJO. CALCULO DE GASTO.....	17
2.5. FLUJO DE AGUA A TRAVES DE PRESAS DE TIERRA.....	21
2.6. OTROS METODOS APROXIMADOS PARA RESOLVER PROBLEMAS DE FLUJO.....	24
2.6.1. METODO DE ELEMENTOS FINITOS.....	26
III. MATERIALES Y METODOS.....	30
3.1. UBICACIÓN DEL PROYECTO.....	30
3.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA.....	30
3.1.2. UBICACIÓN POLÍTICA.....	30
3.2. DESCRIPCION DE LA ZONA DEL PROYECTO.....	31
3.2.1. DESCRIPCION DEL PROYECTO.....	31
3.2.2. VIAS DE COMUNICACIÓN.....	32
3.2.3. ASPECTOS CLIMÁTICOS.....	32
3.2.4. GEOLOGIA.....	34
3.2.4.1. GRUPO MITU (Ps-m).....	35
3.2.4.2. DEPOSITOS MORRENICOS (Qh-mo).....	37
3.2.4.3. DEPOSITOS ALUVIALES (Qh-al).....	38
3.2.4.4. ASPECTOS ESTRUCTURALES.....	40
3.2.4.5. PROCESOS DE GEODINAMICA EXTERNA EN EL AREA DEL PROYECTO.....	41
3.3. MATERIALES Y EQUIPOS.....	42
3.3.1. FASE DEL GABINETE.....	42
3.3.2. FASE DEL CAMPO.....	43
3.4. METODOLOGÍA.....	44
3.4.1. FASE DE CAMPO.....	44
3.4.1.1. FASE N° 01: RECOLECCION Y PREPARACION DE DATOS.....	44

3.4.2. FASE DE GABINETE.....	44
3.4.2.1. REDUCCION DEL GASTO DE FILTRACION.....	44
3.4.2.2. MODELACION EN SEEP/W.....	64
3.4.2.3. ANALISIS DEL GASTO CON LAS DIFERENTES MEDIDAS CONTRA FILTRACIONES EN LA CIMENTACION DE LA PRESA.....	67
3.4.2.4. ANALISIS DEL MOVIMIENTO DE AGUA EN MEDIOS POROSOS EN LA CIMENTACION DE PRESA.....	70
3.4.2.5. ANALISIS DE LOS CAMPOS DE PRESIONES DEL AGUA, GRADIENTE DE ENERGIA Y VELOCIDADES DE FILTRACION.....	71
IV. RESULTADOS.....	73
4.1. RESULTADOS OBTENIDOS.....	73
4.1.1. RESULTADOS DE LA REDUCCION DEL GASTO DE FILTRACION.....	73
4.1.2. RESULTADOS DE MODELACION EN SEEP/W.....	78
4.1.3. RESULTADO DE ANALISIS DEL GASTO CON LAS DIFERENTES MEDIDAS CONTRA FILTRACIONES EN LA CIMENTACION DE LA PRESA.....	90
4.1.4. RESULTADO DE ANALISIS DEL MOVIMIENTO DE AGUA EN MEDIOS POROSOS EN LA CIMENTACION DE PRESA.....	95
4.1.5. RESULTADO DEL ANALISIS DE LOS CAMPOS DE PRESIONES DEL AGUA, GRADIENTE DE ENERGIA Y VELOCIDADES DE FILTRACION..	97
V. DISCUSIONES.....	112
VI. CONCLUSIONES.....	115
VII. RECOMENDACIONES.....	118
BIBLIOGRAFIA	
ANEXOS	

INDICE DE FIGURAS

	Página
2.1. Experimento de Darcy.....	6
2.2. Gradiente hidráulico.....	7
2.3. Variación de la conductividad hidráulica.....	8
2.4. Ley de Bernoulli aplicado al flujo de agua en el suelo.....	9
2.5. Trayectoria del flujo de agua en un medio poroso y volumen elemental representativo.....	12
2.6. Elemento de una región tridimensional.....	14
2.7. Simulación de red de flujo en la fundación debajo de una presa de derivación.....	17
2.8. Caudal y gradiente en un canal.....	18
2.9. Red de flujo a través de una presa de tierra homogénea.....	22
2.10. Parábola de Dupuit y cálculo del caudal.....	23
3.1. Ubicación del proyecto.....	31
3.2. Comportamiento de la temperatura.....	33
3.3. Vista panorámica de las formaciones geológicas en la zona del proyecto.....	35
3.4. Formaciones geológicas en la margen izquierda de la presa.....	37
3.5. Formaciones geológicas en la margen derecha y vaso de la presa....	38
3.6. Perfil estratigráfico de la presa.....	39
3.7. Vista de falla regional y filtraciones en la presa proyectada.....	41
3.8. Vista de deslizamientos de paquetes de arcillas en la Presa proyectada.....	42
3.9. Ubicación de las secciones transversales de análisis.....	49
3.10. Perfil geotécnico (cierre de la presa).....	49
3.11. Ensayo Lefranc a nivel constante.....	53
3.12. Ensayo Lefranc variable.....	54
3.13. Ensayo de permeabilidad (tipo Lugeon).....	55
3.14. Curva de compactación y saturación.....	59

3.15. Variación de la permeabilidad con la humedad, para una misma energía de compactación.....	60
3.16. Variación de la permeabilidad con la humedad para la energía de compactación del ensayo Proctor Estándar.....	61
3.17. Sección progresiva 0+050.....	67
3.18. Sección progresiva 0+100.....	68
3.19. Sección progresiva 0+150.....	68
3.20. Sección progresiva 0+240.....	69
3.21. Red de flujo en la cimentación de presa.....	70
3.22. Análisis de gradiente hidráulica en talud aguas abajo (0+050).....	72
4.1. Ensayo de permeabilidad (tipo Lugeon).....	76
4.2. Ensayo de permeabilidad (tipo Lugeon).....	77
4.3. Alturas piezométricas con dentellón de arcilla (0+050).....	79
4.4. Alturas piezométricas con inyección (0+050).....	79
4.5. Alturas de presiones con dentellón de arcilla (0+050).....	80
4.6. Alturas de presiones con inyección (0+050).....	80
4.7. Velocidad de flujo con dentellón de arcilla (0+050).....	80
4.8. Velocidad de flujo con inyección (0+050).....	81
4.9. Magnitud de gradiente hidráulica con dentellón de arcilla (0+050).....	81
4.10. Magnitud de gradiente hidráulica con inyección (0+050).....	81
4.11. Alturas piezométricas con dentellón de arcilla (0+100).....	82
4.12. Alturas piezométricas con inyección (0+100).....	82
4.13. Alturas de presiones con dentellón de arcilla (0+100).....	82
4.14. Alturas de presiones con inyección (0+100).....	83
4.15. Velocidad de flujo con dentellón de arcilla (0+100).....	83
4.16. Velocidad de flujo con inyección (0+100).....	83
4.17. Magnitud de gradiente hidráulica con dentellón de arcilla (0+100)...	84
4.18. Magnitud de gradiente hidráulica con inyección (0+100).....	84
4.19. Alturas piezométricas con dentellón de arcilla (0+150).....	84
4.20. Alturas piezométricas con inyección (0+150).....	85

4.21. Alturas de presiones con dentellón de arcilla (0+150).....	85
4.22. Alturas de presiones con inyección (0+150).....	85
4.23. Velocidad de flujo con dentellón de arcilla (0+150).....	86
4.24. Velocidad de flujo con inyección (0+150).....	86
4.25. Magnitud de gradiente hidráulica con dentellón de arcilla (0+150)....	86
4.26. Magnitud de gradiente hidráulica con inyección (0+150).....	87
4.27. Alturas piezométricas con dentellón de arcilla (0+150).....	87
4.28. Alturas piezométricas con inyección (0+240).....	87
4.29. Alturas de presiones con dentellón de arcilla (0+240).....	88
4.30. Alturas de presiones con inyección (0+240).....	88
4.31. Velocidad de flujo con dentellón de arcilla (0+240).....	88
4.32. Velocidad de flujo con inyección (0+240).....	89
4.33. Magnitud de gradiente hidráulica con dentellón de arcilla (0+240)....	89
4.34. Magnitud de gradiente hidráulica con inyección (0+240).....	89
4.35. Caudales aguas arriba y abajo con dentellón de arcilla (0+050).....	90
4.36. Caudales bajo y después de la inyección con y aguas Abajo (0+050).....	90
4.37. Caudales aguas arriba y abajo con dentellón de arcilla (0+100).....	91
4.38. Caudales bajo y después de la inyección con y aguas Abajo (0+100).....	91
4.39. Caudales aguas arriba y abajo con dentellón de arcilla (0+150).....	92
4.40. Caudales bajo y después de la inyección con y aguas abajo (0+150).....	92
4.41. Caudales aguas arriba y abajo con dentellón de arcilla (0+240).....	93
4.42. Caudales bajo y después de la inyección con y aguas abajo (0+240).....	93
4.43. Análisis red de flujo con dentellón (0+050).....	95
4.44. Análisis red de flujo con inyección (0+050).....	95
4.45. Líneas equipotenciales con dentellón (0+050).....	98
4.46. Líneas equipotenciales con inyección (0+050).....	98

4.47. Líneas equipotenciales con dentellón (0+100).....	99
4.48. Líneas equipotenciales con inyección (0+100).....	99
4.49. Líneas equipotenciales con dentellón (0+150).....	100
4.50. Líneas equipotenciales con inyección (0+150).....	100
4.51. Líneas equipotenciales con dentellón (0+240).....	101
4.52. Líneas equipotenciales con inyección (0+240).....	101
4.53. Análisis de gradiente hidráulica en talud aguas abajo (0+050).....	102
4.54. Reporte de resultados por nodo/Geostudio-SEEP/W (MEF).....	103
4.55. Gradiente hidráulica sin inyección (0.125).....	103
4.56. Gradiente hidráulica con inyección (0.095).....	104
4.57. Gradiente hidráulica sin inyección (0.192).....	104
4.58. Gradiente hidráulica con inyección (0.151).....	105
4.59. Gradiente hidráulica sin inyección (0.358).....	105
4.60. Gradiente hidráulica con inyección (0.198).....	106
4.61. Gradiente hidráulica sin inyección (0.158).....	106
4.62. Gradiente hidráulica con inyección (0.057).....	107
4.63. Velocidad de flujo sin inyección (0.000651).....	108
4.64. Velocidad de flujo con inyección (0.000456).....	108
4.65. Velocidad de flujo sin inyección (0.0015).....	109
4.66. Velocidad de flujo con inyección (0.00107).....	109
4.67. Velocidad de flujo sin inyección (0.00304).....	110
4.68. Velocidad de flujo con inyección (0.00148).....	110
4.69. Velocidad de flujo sin inyección (0.00101).....	111
4.70. Velocidad de flujo con inyección (0.00027).....	111

INDICE DE CUADROS

	Página
3.1. Vías de comunicación a la zona del proyecto.....	32
3.2. Registro de precipitaciones total mensual.....	33
3.3. Propiedades geomecánicas.....	48
3.4. Tabla 3-1.....	56
3.5. Tabla 3-2 Valores de permeabilidad, según Bowles.....	62
3.6. Tabla 3-3 Valores de permeabilidad, según Terzaghi.....	62
3.7. Tabla 3-4 Valores de permeabilidad, según USBR.....	63
3.8. Permeabilidad de los materiales para el modelo SEEP/W (0+050)....	67
3.9. Permeabilidad de los materiales para el modelo SEEP/W (0+100)....	68
3.10. Permeabilidad de los materiales para el modelo SEEP/W (0+150)...	68
3.11. Permeabilidad de los materiales para el modelo SEEP/W (0+240)...	69
4.1. Resultado de ensayo de permeabilidad tipo Lefranc antes De inyección.....	73
4.2. Resultado de ensayo de permeabilidad tipo Lefranc antes de inyección.....	74
4.3. Resultado de las muestras de perforación con diamantina.....	74
4.4. Permeabilidad carga constante.....	75
4.5. Permeabilidad variable.....	75
4.6. Cálculo de filtración sin tratamiento (0+050).....	91
4.7. Cálculo de filtración con tratamiento (0+050).....	91
4.8. Cálculo de filtración sin tratamiento (0+100).....	92
4.9. Cálculo de filtración con tratamiento (0+100).....	92
4.10. Cálculo de filtración sin tratamiento (0+150).....	93
4.11. Cálculo de filtración con tratamiento (0+150).....	93
4.12. Cálculo de filtración sin tratamiento (0+240).....	94
4.13. Cálculo de filtración con tratamiento (0+240).....	94
4.14. Cálculo de filtración sin tratamiento.....	94
4.15. Cálculo de filtración con tratamiento.....	94

4.16. Análisis red de flujo (SEEP/W).....	95
4.17. Análisis red de flujo (CALCULO).....	96
4.18. Análisis red de flujo (SEEP/W).....	96
4.19. Análisis red de flujo (CALCULO).....	96
4.20. Análisis red de flujo (SEEP/W).....	96
4.21. Análisis red de flujo (CALCULO).....	96
4.22. Análisis red de flujo (SEEP/W).....	97
4.23. Análisis red de flujo (CALCULO).....	97

I. GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCION

Las pantallas de impermeabilización bajo las presas de embalse, se construyen casi exclusivamente para lograr la estanqueidad de materiales aluviales que pueden existir en la cimentación, las rocas fracturadas (rocas volcánicas) que ofrecen pasos de salida de agua del embalse, rocas de porosidad alta (areniscas) y rocas Kársticas con importantes niveles de permeabilidad, en estos casos se requiere la inyección de impermeabilización del mortero de cemento para interceptar el flujo de filtración y mejorar las características de los materiales en la cimentación. Con este método no se pretende construir una valla que impida el paso de agua, sino reducir las filtraciones hasta límites permisibles.

El tratamiento en la cimentación de una presa se hace para asegurar que cumpla con las condiciones necesarias para su correcto funcionamiento. Las condiciones esenciales que debe cumplir una fundación para una presa son las de proporcionar un cimiento estable para el cuerpo de la presa en todas las condiciones de saturación y carga, y suficiente resistencia a la filtración para evitar el gasto excesivo del agua.

Al diseñar, construir y analizar el comportamiento de una presa se debe considerar que ella y su cimentación forman una unidad estructural, hasta el extremo que una presa es segura, si lo es también su cimentación.

Los suelos para apoyar o cimentar una presa, en raras ocasiones presentan la calidad y características necesarias para satisfacer los requisitos exigidos, de resistencia, estabilidad e impermeabilidad adecuados. Será pues necesario mejorar sus condiciones naturales con mayor o menor intensidad. La primera medida a tomar para decidir sobre el tratamiento del terreno es la elección del tipo adecuado de presa.

Un buen estudio de una cimentación débil debería darnos más confianza que un estudio deficiente de una buena cimentación, pues ésta puede ocultar problemas importantes como: erosión en el cimientto y erosión en el contacto presa-cimiento.

En terrenos potencialmente erosionable lo esencial es el control de las filtraciones, control orientado a reducir su caudal, su gradiente y proteger su salida aguas abajo mediante medidas adecuadas.

El presente trabajo de tesis se ocupa de las filtraciones que ocurre en la presa. Como base previa para ello y el estudio de sus efectos han de ampliarse algunos conceptos sobre la red de corriente del movimiento de agua en medios porosos que son indispensables para la correcta definición de aquéllas, con el fin de mejorar el suelo para impermeabilizar.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo general

- Analizar los resultados de la reducción del gasto de filtración, después de la inyección de impermeabilización en presa de material suelto.

1.2.2. Objetivos específicos

- Modelar el gasto de filtración en presas de material suelto, utilizando el software SEEP/W.
- Analizar los gastos de las diferentes variantes de medidas contra filtraciones a través de la cimentación en todo el eje del dentellón.
- Analizar el movimiento de agua a través de los medios porosos en la cimentación en presas de material suelto.
- Caracterizar los campos de presiones del agua, gradiente de energía y velocidades de filtración, analizando la dependencia respecto a los distintos parámetros (altura, talud de la presa, coeficientes de permeabilidad del material).

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. MOVIMIENTO DEL AGUA EN MEDIOS POROSOS

Toledo M. (1997) Para caracterizar el movimiento del agua en medios porosos debemos considerar los efectos relativos de las fuerzas gravitacionales y viscosas respecto a las fuerzas de inercia y la rugosidad relativa del lecho que se desarrollan durante el fenómeno. Bajo este concepto el movimiento del agua puede considerarse en los siguientes casos.

2.1.1. RÉGIMEN SUPERCRÍTICO O SUBCRÍTICO

Es dependiente de las fuerzas de gravedad respecto a las fuerzas inerciales y se caracteriza mediante el número de Froude:

$$F = \frac{V}{\sqrt{gy}}$$

Siendo:

F: número de Froude.

V: velocidad media.

g: aceleración de la gravedad.

y: longitud característica.

Cuando $F > 1$ el movimiento es supercrítico, $F < 1$ el movimiento es subcrítico y $F = 1$ corresponde al régimen crítico.

El movimiento de agua a través de las presas de tierra y la fundación por debajo de las presas de concreto y similares se produce en régimen subcrítico y se asume no viscoso.

2.1.2. MOVIMIENTO LAMINAR O TURBULENTO

Está asociado a la influencias de las fuerzas viscosas respecto a las fuerzas inerciales y se caracterizan mediante el números de Reynolds.

$$R_e = \frac{VR}{\nu}$$

Siendo:

Re: número de Reynolds

ν : viscosidad cinemática del agua

R: longitud característica (radio hidráulico).

Numero de Reynolds elevados mayores a 10000 corresponde a movimiento turbulento, en las que las partículas del agua describen una distorsión en su trayectoria. Números bajos menores a 2000 corresponde con flujo laminar, en donde las partículas de agua describe una línea definida durante su trayectoria. Los valores límite entre cada tipo de movimiento se consideran un movimiento en transición.

Cabe señalar que las características del movimiento del agua en medios porosos como son los cuerpos de presa o medios similares, el flujo desarrolla un movimiento laminar.

2.2 ANÁLISIS BÁSICO DEL FLUJO EN MEDIOS POROSOS

Juárez B. (1994) Las bases para un análisis racional de los problemas prácticos de la infiltración del agua a través de los suelos fueron establecidos por Henry Darcy. Posteriormente a Darcy, el siguiente paso fundamental en el avance del conocimiento fue dado alrededor de 1880 por Ph. Forchheimer, quien demostró que la función carga hidráulica que gobierna un flujo en un medio poroso es una función armónica, es decir

que satisface la Ley de Laplace. El propio Forchheimer desarrolló al principio del siglo XXI, las bases para el método gráfico conocido como redes de flujo, que sigue siendo un método sencillo para la resolución práctica de los problemas diarios que involucre el flujo de agua en medios porosos.

2.2.1. LEY DE DARCY

Darcy H. (1856) investigó las características del movimiento del agua a través de un medio poroso. Que permite estimar el caudal filtrado a través de un medio poroso cuando se dispone de una cierta cantidad de energía o carga hidráulica y define el ritmo al que aumenta la pérdida unitaria de energía a través de dicho medio. (Figura N° 2.1)

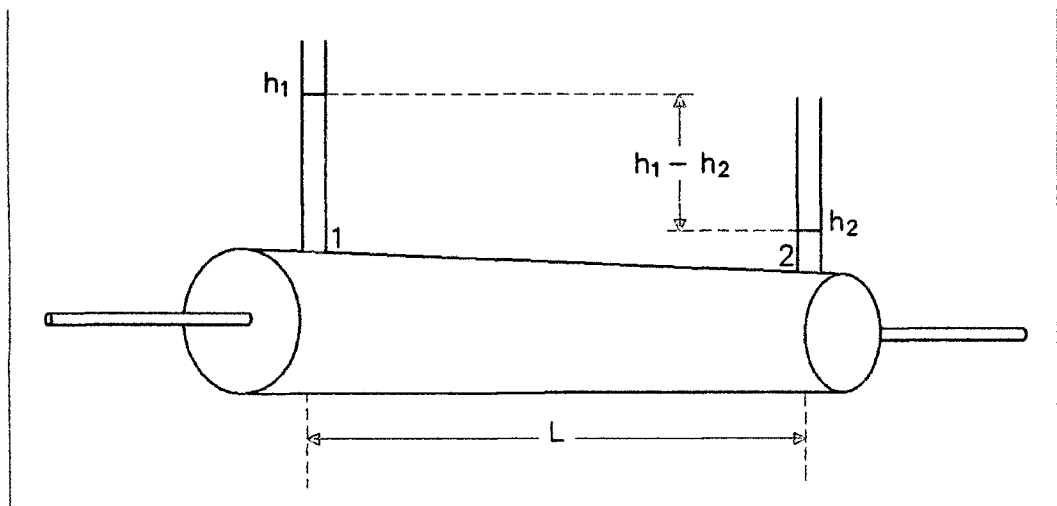


Figura N° 2.1: Experimento de Darcy

La expresión matemática de la Ley de Darcy es la siguiente:

$$Q = \frac{dV}{dt} = K \cdot i \cdot A = VA$$

Donde:

Q: gasto, descarga o caudal (m³/seg)

A: área de la sección transversal de la muestra (cm²)

K: conductividad hidráulica (cm/seg)

$\frac{dV}{dt}$: variación del volumen con respecto al tiempo

v: velocidad(cm/seg)

i: gradiente hidráulico (adim.)

2.2.2. GRADIENTE HIDRÁULICO

El gradiente hidráulico es una cantidad adimensional, es la diferencia de carga hidráulica entre dos puntos respecto a la distancia de viaje entre esos puntos. (Figura N° 2.2)

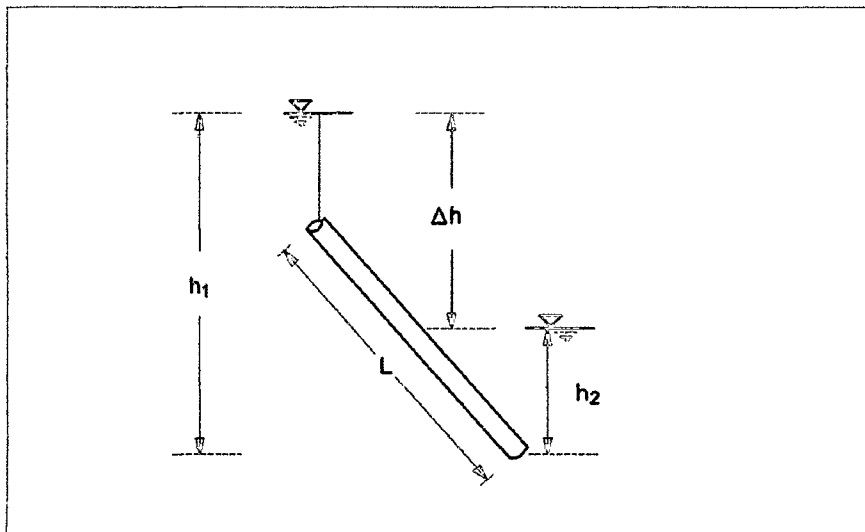


Figura N° 2.2: Gradiente hidráulico

$$i = \frac{h_1 - h_2}{L} = \frac{\Delta h}{L}$$

Donde:

h1: altura, sobre el plano de referencia que alcanza el agua en un tubo colocado a la entrada de la capa filtrante (cm)

h2: altura, sobre el plano de referencia que alcanza el agua en un tubo colocado a la salida de la capa filtrante (cm)

L: longitud de la muestra (m)

2.2.3. VARIACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD HIDRÁULICA

Según Galarraga R. (2010) La conductividad hidráulica es la constante de proporcionalidad de la Ley de Darcy. Este coeficiente es controlado por la relación de vacíos y la estructura del suelo, depende de la posición y la dirección de medición (figura 2.3).

2.2.3.1. Suelo Homogéneo y Heterogéneo

Un suelo es homogéneo si el coeficiente de conductividad hidráulica es independiente de la localización, caso contrario es heterogéneo.

2.2.3.2. Suelo Isotropía

Un medio (suelo) es isótropo cuando sus propiedades principalmente (la conductividad hidráulica y la rugosidad equivalente) se mantienen iguales en cualquier dirección que se considere

2.2.3.3. Suelo Anisotropía

Un medio (suelo) es anisótropo cuando sus propiedades principalmente la conductividad hidráulica y la rugosidad equivalente, varían en diferentes direcciones.

A continuación se presenta en la figura N° 2.3 mostrando la variación de la conductividad hidráulica.

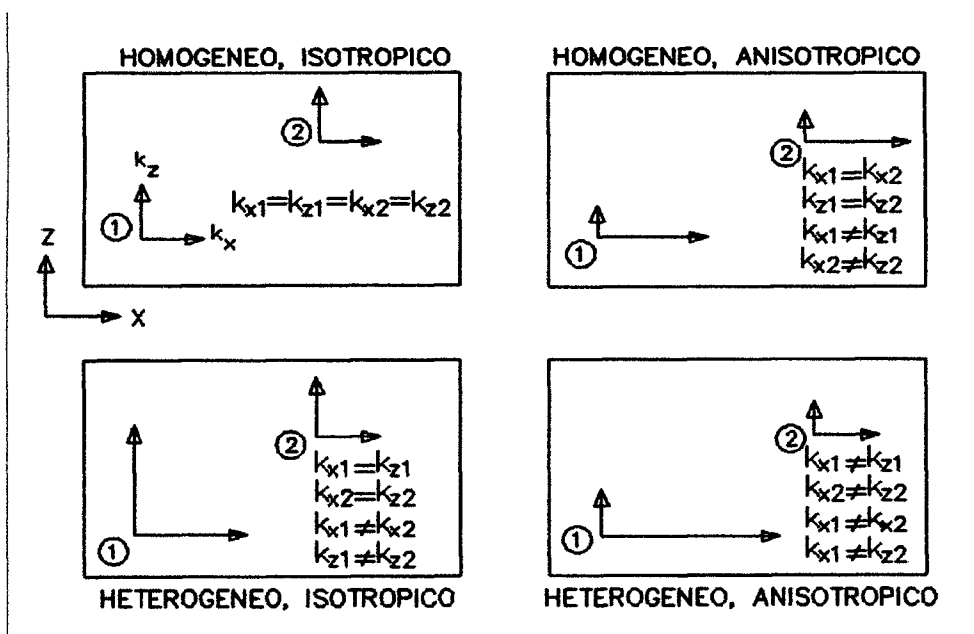


Figura N° 2.3: Variación de la conductividad hidráulica

2.2.4. LEY DE BERNOULLI APLICADO A MEDIOS POROSOS

Según Marsal R. (1979) El flujo de agua en un medio poroso cumple la ley de Bernoulli modificada, esta ley es una derivación de la ecuación general de conservación de energía

$$\frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + Z_2 + \Delta h$$

La suma de los tres términos en cada miembro de la ecuación anterior se llama altura total h como se muestra en la figura N° 2.4, individualmente se denominan carga de posición z , carga de presión P y carga de velocidad V .

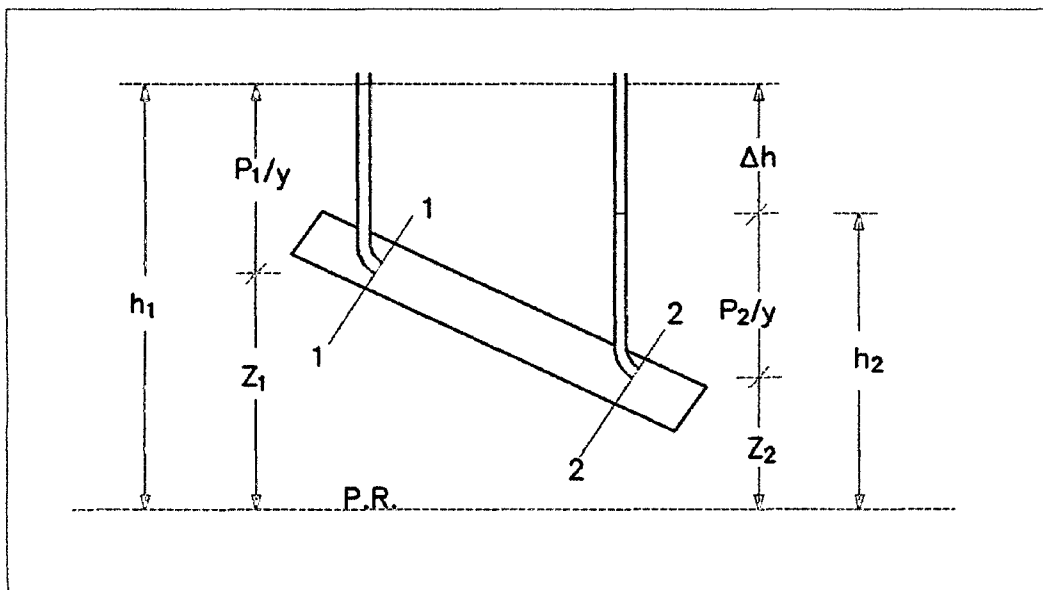


Figura N° 2.4: Ley de Bernoulli aplicada al flujo de agua en el suelo

En todo los problemas prácticos de flujo de agua en suelos, la carga de velocidad es despreciable ($V^2/2g = 0$), la velocidad media llega raramente al orden mayor de 0.1 m/s, por lo que en general $v^2/2g$ es menor de 0.0005 m. y por tanto

$$\frac{P_1}{\gamma} + Z_1 = \frac{P_2}{\gamma} + Z_2 + \Delta h \rightarrow h_1 = h_2 + \Delta h \rightarrow \Delta h = h_1 - h_2$$

$h_1 - h_2$: representa la pérdida de energía sufrida por el flujo en el desplazamiento L

2.2.5. ALTURA PIEZOMÉTRICA

Del razonamiento anterior, la forma general de la altura piezométrica h es

$h = z + \frac{p}{\gamma}$ y en particular para flujo de agua en el suelo (medio poroso)

será:

$$h = z + \frac{\mu_w}{\gamma}$$

Siendo μ_w la presión de poros de agua en el suelo.

En cualquier punto del flujo la altura piezométrica viene expresada por la siguiente ecuación:

$$h = z + \frac{p}{\gamma_w} + \frac{v^2}{2g}$$

Siendo:

h : altura piezométrica total

z : carga de elevación

$\frac{p}{\gamma_w}$: carga de presión

$\frac{v^2}{2g}$: carga de velocidad que se desprecia por lo pequeña que son las

velocidades a través del medio poroso

2.3. ESTUDIO DEL MEDIO DE FILTRACIÓN

Según **Beltrán F. (1999)** El movimiento del agua se produce a través de los huecos (poros) que dejan entre si los suelos (grava, arena, limo o arcilla), materiales que conforma el cuerpo de la presa o la fundación por debajo de la presa. En estas definiciones se considerara movimiento de flujo permanente y también se hablara siempre del movimiento bidimensional, si no se especifica algo diferente.

Viendo de este modo el medio de filtración es discontinuo (medio poroso), constituido por material suelto o compactado, material de fundación

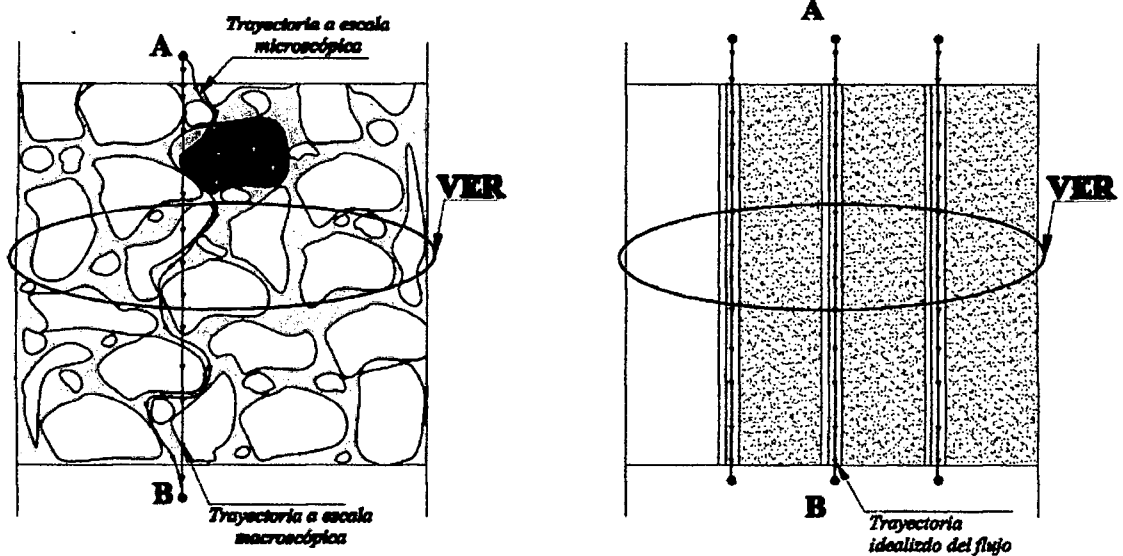
inalterada en otros casos y finalmente el agua que circula a través de los huecos dejados entre ellos; sin embargo este medio discontinuo será tratado como medio continuo con fines del modelado.

Puede considerarse medio poroso al que cumple las siguientes condiciones:

1. Es una parte del espacio ocupada por materia heterogénea o multifase, siendo al menos una de las fases no sólida. La fase sólida se denomina matriz sólida y el espacio que no forma parte de la misma constituye el espacio de huecos.
2. La matriz sólida debe estar distribuida en el medio poroso y presente en cada volumen elemental representativo (VER). La superficie específica de la matriz sólida debe ser relativamente elevada y las aberturas que constituyen el espacio de huecos deben ser relativamente estrechas.
3. Algunos de los poros que constituyen el espacio de huecos deben estar interconectados. Los poros interconectados que permiten la circulación del agua a través de ellos constituyen el espacio efectivo de huecos.

2.3.1. TRATAMIENTO DEL MEDIO POROSO COMO CONTINUO

No resulta posible estudiar el movimiento del agua a través de los canalículos que determinan las cavidades interconectadas existentes en el medio poroso como se muestra en la figura 2.5(a), determinando velocidades y caudales a través de cada uno de ellos. Basta pensar en la imposibilidad de definir la geometría de dichos canalículos. Por ello es preciso tratar el medio poroso como un medio continuo como una idealización del ordenamiento de las partículas en el suelo (figura 2.5 (b)).



a. Ordenamiento real de las partículas en el suelo

b. Ordenamiento idealizado de las partículas en el suelo

Figura 2.5: Trayectoria del flujo de agua en un medio poroso y volumen elemental representativo (VER)

2.3.2. LÍMITES DE VALIDEZ DE LA LEY DE DARCY

La validez de la ley de Darcy se enfoca en la propuesta que hizo Reynolds para un flujo, relacionado la fuerza de inercia y la fuerza viscosa; definida como número de Reynolds por la expresión:

$$R = \frac{vD\rho}{\mu}$$

Siendo:

R = Número de Reynolds

v = velocidad cm/s

D = diámetro promedio de las partículas del suelo, cm

ρ = densidad del fluido, g/cm³

μ = coeficiente de viscosidad del fluido, g-s/cm²

Juárez B. y Rico R. (2009) manifiesta que varios investigadores han establecido el valor límite del número de Reynolds, para que un flujo cambie de laminar a turbulento, $R = (1 - 12)$. Si se sustituye en la ecuación anterior los valores de μ , ρ , del agua y asumimos una velocidad conservadora de 0.25 cm/s, se tiene que $R \leq 1$ y para diámetros $D \leq 0.4$ mm, que corresponde a una arena gruesa; esto indica que el flujo en el suelo es laminar, ya que Darcy construyó y experimentó con filtros de arenas finas, en donde obtuvo un comportamiento laminar del flujo, claro bajo presiones no excesivas, por lo que se puede suponer el mismo comportamiento en suelos más finos, ya que los mismos están conformados por mezclas de limos y arcilla y las velocidades de circulación a través del medio son aún menores, por lo que con mayor razón el flujo es laminar.

2.3.3 ECUACIONES HIDRODINÁMICAS QUE RIGEN EL FLUJO DE AGUA A TRAVÉS DE LOS SUELOS

Juárez B. y Rico R. (2008) exponen la deducción de las ecuaciones que gobiernan el comportamiento del agua a través del suelo, mencionan que: si se considera una región de flujo, (o sea una región de suelo a través de la que fluye el agua), de la cual forma parte un paralelepípedo de dimensiones dx , dy , dz , como se muestra en la Figura 2.6, la velocidad con que el agua pasa por el elemento tiene sus tres componentes v_x , v_y , v_z y éstas dependen únicamente de x , y , z , respectivamente y no del tiempo (por hipótesis se trata de un régimen establecido).

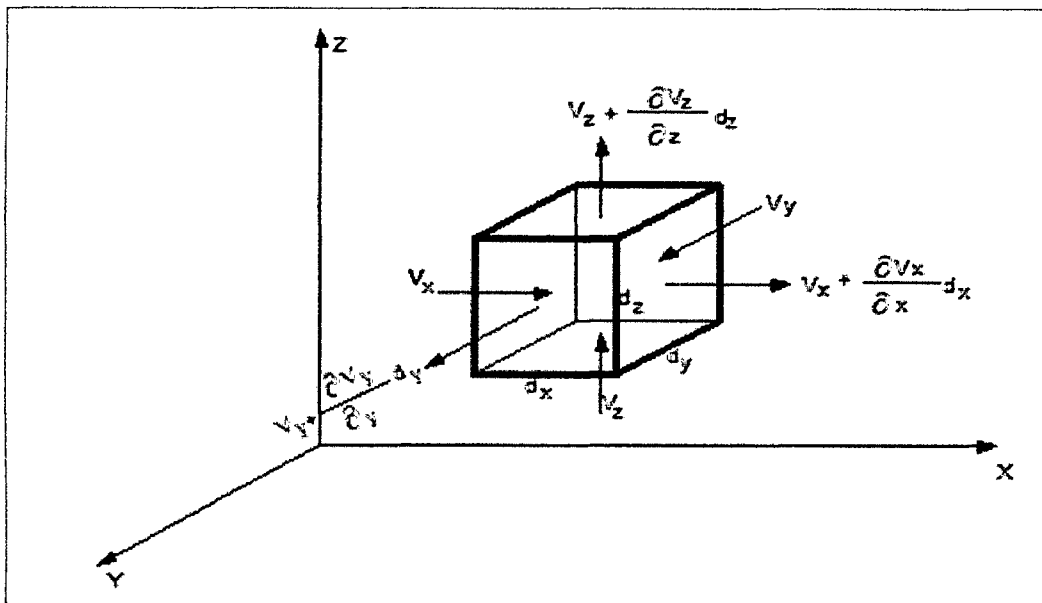


Figura 2.6: Elemento de una región tridimensional

Se supondrá que el suelo por el cual fluye el flujo tendrá sus vacíos saturados por el agua y que dicho elemento como las partículas sólidas que forman la estructura del suelo son incompresibles en sí mismas. Durante el flujo la cantidad de agua que entra será la misma que salga.

$$Q_{entrada} = Q_{salida}$$

$$v_x dy dz + v_y dx dz + v_z dx dy = \left(v_x + \frac{\partial v_x}{\partial x} dx \right) dy dz + \left(v_y + \frac{\partial v_y}{\partial y} dy \right) dx dz + \left(v_z + \frac{\partial v_z}{\partial z} dz \right) dx dy$$

Reduciendo la ecuación se tiene:

$$\frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_y}{\partial y} + \frac{\partial v_z}{\partial z} = 0$$

La expresión anterior es conocida como la Ecuación de la Continuidad, las hipótesis sobre las que se fundamenta son las siguientes:

- El régimen es establecido
- El suelo está saturado
- El agua y las partículas sólidas son incompresibles en sí mismas

- El flujo no modifica la estructura del suelo en ninguna forma ($e = \text{cte.}$)

Suponiendo válida la expresión de Darcy, la velocidad de descarga se expresaría como:

$$\mathbf{v} = -\mathbf{k} \frac{\partial h}{\partial l}$$

Y sus componentes:

$$v_x = -k_x \frac{\partial h}{\partial x}; \quad v_y = -k_y \frac{\partial h}{\partial y}; \quad v_z = -k_z \frac{\partial h}{\partial z}$$

Introduciendo las velocidades en la Ecuación de la Continuidad obtenemos que:

$$k_x \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + k_y \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} + k_z \frac{\partial^2 h}{\partial z^2} = 0$$

La ecuación anterior es la que gobierna el flujo en medios porosos, pero en los problemas prácticos de ingeniería se suelen realizar simplificaciones para el cálculo, por lo que la ecuación anterior se puede expresar para el caso bidimensional como:

$$k_x \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + k_y \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = 0$$

Ésta ecuación fundamental sirve para el análisis del flujo bidimensional y anisótropo; además, si consideramos que el suelo es isótropo en lo referente a la permeabilidad, tenemos:

$$\mathbf{k}_x = \mathbf{k}_y = \mathbf{k}$$

Entonces
$$k \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + k \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = 0; \quad \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = \nabla^2 h = 0$$

La expresión anterior es conocida como la ecuación de Laplace y su solución general está constituida por dos grupos de funciones; que son a su vez susceptibles de una interpretación geométrica muy útil, según la cual, ambos grupos de funciones pueden representarse, dentro de la zona de flujo en estudio, como dos familias de curvas ortogonales entre sí. La solución general que satisfaga las condiciones de frontera de una región

de flujo, constituirá la solución particular de la ecuación de Laplace para dicha región de flujo específica.

La ecuación de Laplace, que gobierna el comportamiento del flujo, representa una condición particular en la que el suelo es isótropo en lo relativo a la permeabilidad

Conviene ahora obtener la ecuación del gasto de filtración a través del elemento en un tiempo dt .

$$dq = \frac{dV}{dt} = vA = k_x \frac{\partial h}{\partial x} dydz + k_y \frac{\partial h}{\partial y} dxdz + k_z \frac{\partial h}{\partial z} dxdy$$

Si el suelo es isótropo con respecto a la permeabilidad

$$dq = k \left(\frac{\partial h}{\partial x} dydz + \frac{\partial h}{\partial y} dxdz + \frac{\partial h}{\partial z} dxdy \right)$$

En el flujo bidimensional

$$dq = k \left(\frac{\partial h}{\partial x} dy + \frac{\partial h}{\partial y} dx \right)$$

2.4 TEORIA DE LAS REDES DE FLUJO

2.4.1 LA RED DE FLUJO

Juárez B. y Rico R. (2008) Las líneas de flujo y las líneas equipotenciales son dos familias de curvas ortogonales entre sí, que dan la solución a la ecuación de Laplace. Además, dos familias de líneas que cumplan la condición de ortogonalidad y las condiciones de frontera de la región de flujo constituirán una solución única de la ecuación de Laplace y por ende, del problema de flujo descrito por aquella ecuación.

El método de las redes de flujo es puramente gráfico, tratando de definir en cada caso particular las condiciones de frontera del problema y dibujar cumpliendo aquellas las dos familias de curvas ortogonales, obteniendo una imagen gráfica del problema.

Al dibujar las dos familias de curvas, respetando las condiciones de frontera y la de ortogonalidad, se obtendrá una aproximación a la solución del problema, esta aproximación es lo suficientemente buena para los fines ingenieriles y da soluciones ventajosas con respecto a las que se

obtienen con métodos matemáticos rigurosos ya que son mucho más complicados.

El trazo de la red de flujo comprende en la práctica los siguientes pasos:

- Delimitación de la zona de flujo que se desea estudiar, analizando sus condiciones específicas de frontera.
- Trazo de dos familias de curvas ortogonales entre sí, que satisfagan las condiciones de frontera y que constituyen la solución única de la ecuación de Laplace.

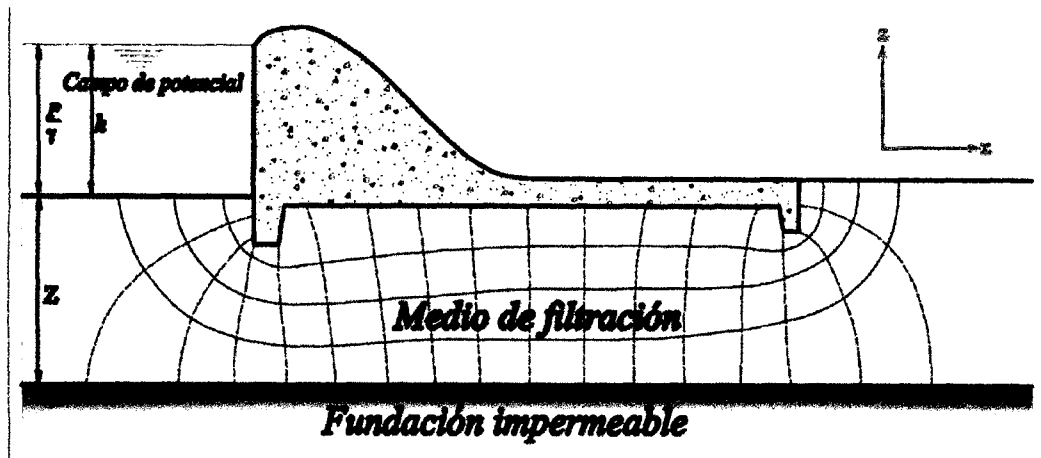


Figura 2.7: simulación de red de flujo en la fundación debajo de una presa de derivación

2.4.2 TRAZO DE LA RED DE FLUJO. CALCULO DE GASTO

Armas N. y Horta M. (1987) dice que este problema es similar a la representación de curvas de nivel en topografía. La convención más idónea es la siguiente:

- Dibujar las líneas de flujo de manera que el gasto que pase por el canal formado entre cada dos de ellas sea el mismo ($\Delta q = \text{cte}$).
- Dibujar las líneas equipotenciales de manera que la caída de carga hidráulica entre cada dos de ellas sea la misma ($\Delta h = \text{cte}$).

La figura 2.8 muestra los 2 requisitos anteriores, limitado por las líneas de flujo ψ_i y ψ_j y por las equipotenciales ϕ_i y ϕ_j .

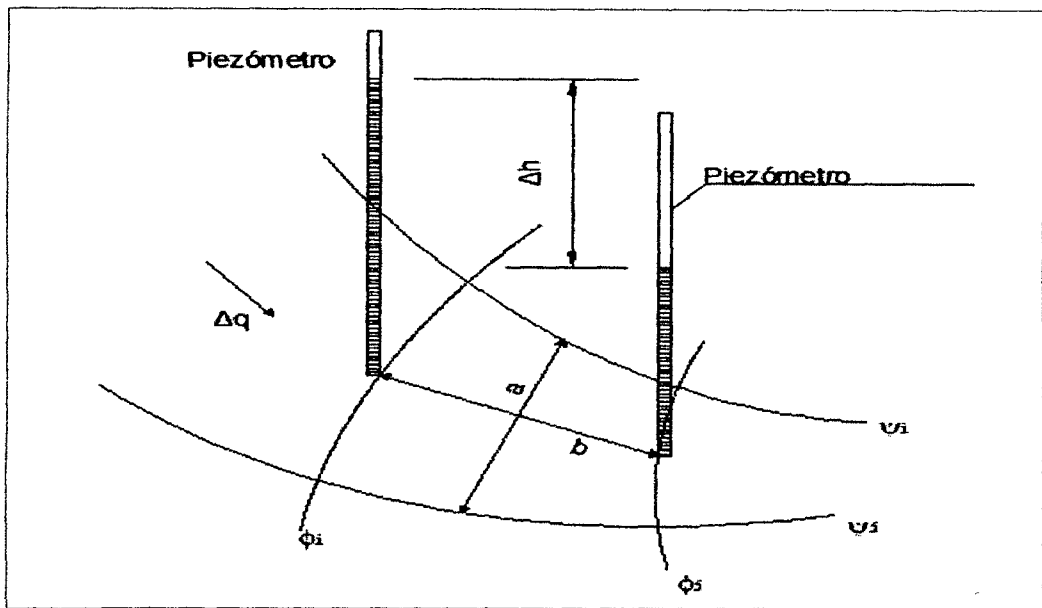


Figura 2.8: Caudal y gradiente en un canal

El gasto por el canal vale según la ley de Darcy:

$$\Delta q = k \cdot a \cdot \frac{\Delta h}{b}$$

Si n_f es el número total de los canales de flujo de la red y n_e el número de caídas de potencia. Siguiendo las dos convenciones que se han seguido para dibujar la red de flujo se tiene:

$$\Delta q = \frac{q}{n_f} \quad q: \text{gasto total}$$

$$\Delta h = \frac{h}{n_e} \quad h: \text{carga total disipada lo largo de la zona de flujo.}$$

Entonces la ecuación se puede escribirse como:

$$q = k \cdot h \cdot \frac{n_f}{n_e} \cdot \frac{a}{b}$$

Si q , k , n_f y n_e son constantes $a/b = \text{cte.}$ o sea que la relación entre el ancho y el largo de todos los rectángulos curvilíneos debe ser la misma. Esta condición implica que se estén cumpliendo las dos condiciones iniciales (Δq y Δh iguales). Por lo tanto, el único requisito para satisfacer estas dos condiciones es que $a/b = \text{cte.}$ Si esta constante es igual a 1 el problema se simplifica, los rectángulos se transforman en cuadrados curvilíneos (más fáciles de verificar en cuanto a la corrección de su dibujo), la ecuación anterior pasara a la forma:

$$q = k \cdot h \cdot \frac{n_f}{n_e}$$

La red dibujada cumplirá la condición de que por cada canal pase el mismo gasto y que entre cada dos líneas equipotenciales haya la misma caída de potencia.

El hecho de que $\frac{a}{b} = 1$ no significa que todos los cuadrados curvilíneos de la red de flujo sean del mismo tamaño.

$$F_f = \frac{n_f}{n_e} \quad F_f: \text{Factor de la forma}$$

Finalmente la ecuación se puede ponerse como:

$$q = k \cdot h \cdot F_f$$

Esta fórmula permite calcular de manera sencilla el gasto por unidad de longitud normal a la sección estudiada.

Casagrande (1937) proporciona los siguientes consejos a ingenieros y a los estudiantes.

1. Úsense todas las oportunidades posibles para estudiar la apariencia de las redes de flujo bien hechas, tratando después de repetirlas sin tener a la vista el modelo, hasta obtener dibujos satisfactorios.
2. Usualmente es suficiente trazar la red de flujo con una cantidad de canales comprendidos entre cuatro o cinco. El uso de muchos canales dificulta grandemente en trazo y desvía la atención de los aspectos esenciales.

3. Debe siempre obtenerse la apariencia de la red en conjunto, sin tratar de corregir detalles, hasta que toda ella esté aproximadamente bien trazada.
4. Frecuentemente hay partes de la red en que las líneas de flujo deben ser aproximadamente rectas y paralelas; en ese caso los canales son más o menos del mismo ancho y los cuadrados deben resultar muy parecidos. Puede facilitar el trazo de la red el comenzar por esa zona.
5. Las redes de flujo en áreas confinadas, limitadas por fronteras paralelas (especialmente la superior y la inferior) son frecuentemente simétricas y las líneas de flujo y las equipotenciales son, entonces de formas parecidas a las elípticas.
6. Un error común en los principiantes es el de dibujar transiciones muy bruscas entre las partes rectas y las curvas de las diferentes líneas. Debe tenerse presente que las transiciones deben ser siempre muy suaves y de forma parabólicas o elípticas; el tamaño de los diferentes cuadrados debe ir cambiando también gradualmente.
7. En general, el primer intento conduce a una red de cuadrados en toda la extensión de la región de flujo. La caída de potencia entre dos equipotenciales sucesivas correspondientes a un cierto número de canales con el que se intentó la solución, no suele ser una parte entera exacta de la pérdida total de potencial, de manera que al terminar la red suele quedar una última hilera de rectángulos entre dos líneas equipotenciales en la que la caída de carga es una fracción de la Δh que haya prevalecido en el resto de la red. Generalmente esto no es perjudicial y esta última hilera puede tomarse en cuenta para el cálculo de n_e , estimando qué fracción de caída ha resultado. Si, por razones de presentación, se desea que todas las hileras de cuadrados queden con el mismo Δh , podrá corregirse la red, cambiando el número de canales de flujo, bien sea por interpolación o empezando de nuevo. No debe intentarse

convertir la hilera incompleta en una de cuadrados por correcciones locales puramente gráfica, a no ser que el faltante o sobrante de espacio en la hilera incompleta sea muy pequeño.

8. Una superficie de salida en la red, en contacto con el aire, si no es horizontal, nunca es ni línea de flujo ni equipotencial, de manera que los cuadrados limitados por esa superficie no pueden ser completos.

Trazado la red de flujo se podrá calcular el gasto con una de las siguientes ecuaciones:

$$q = k \cdot h \cdot \frac{n_f}{n_e} ; q = k \cdot h \cdot F_f$$

Se deberá tener cuidado con las elecciones de n_f y n_e para tomar las dimensiones apropiadas.

2.5. FLUJO DE AGUA A TRAVES DE PRESAS DE TIERRA

Armas N. y Horta M. (1987) Las Presas de Tierra constituyen un caso particular de flujo libre debido a que en éste tipo de flujo no se conoce "a priori" una de las fronteras de la región de flujo, que es el prerrequisito básico para aplicar el método gráfico de obtención de la red de flujo.

En la figura 2.9 se distingue que la línea 1-2 es una línea equipotencial debido a que está en contacto suelo y agua, la línea 1-3 es una línea de flujo debido al contacto de material permeable de la presa y estrato impermeable. El resto de fronteras no puede definirse pero razonablemente debe existir una línea de flujo 2-4 bajo la cual se encuentra saturado por el flujo de agua y sobre el cual, descontando una estrecha franja por capilaridad, el suelo permanece seco. Sin embargo la forma de la línea 2-4 y la posición del punto 4 no son conocidas.

La línea 2-4 limita el flujo dentro de la presa de tierra y es conocida como línea de corriente superior, esta línea no es solamente línea de flujo sino

que también es una línea de equipresión en la que todos los puntos sobre esta tiene presión atmosférica, en consecuencia las líneas equipotenciales cortaran la línea de corriente superior a intervalos verticales Δh iguales entre sí. Igualmente para la línea 4-3 ya que esta al contacto con el aire.

Para resolver el problema de flujo la línea de corriente superior debe al menos, ser determinada aproximadamente para poder trazar la red de flujo

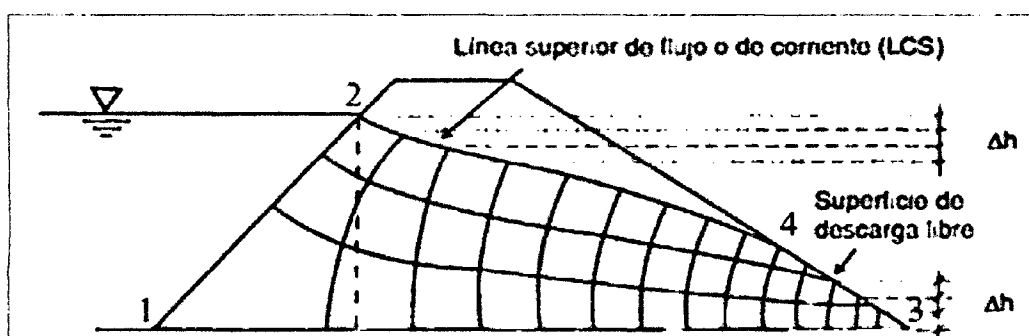


Figura 2.9: Red de flujo a través de una presa de tierra homogénea

Existen distintos métodos para la determinación de la línea de corriente superior. A continuación se resumen los distintos métodos propuestos por el (U.S. Army Corps of Engineers, 1986).

En 1863, J. Dupuit, propuso las bases para la determinación aproximada de la línea de corriente superior en una sección de presa de tierra homogénea sobre cimiento impermeable, con nivel de agua en ambos taludes, y que históricamente, es la primera que se dispone para tratar problemas de flujo no confinado.

Las hipótesis básicas establecidas por Dupuit son:

- Para pequeñas inclinaciones de la superficie libre de un sistema de flujo (línea de corriente superior) pueden tomarse las líneas de corriente como horizontales en cualquier sección vertical y consecuentemente las líneas equipotenciales como verticales.

- El gradiente hidráulico es igual a la pendiente de la línea de corriente superior en el punto de que se trate y es constante en cualquier punto de la vertical que se trace por él.

Con estas hipótesis Dupuit llega a una expresión parabólica que representa la línea de corriente superior como se muestra en la figura 2.10, en donde la LCS comienza en el nivel aguas arriba y termina en el nivel aguas abajo. Aunque esta solución carece de aplicación práctica.

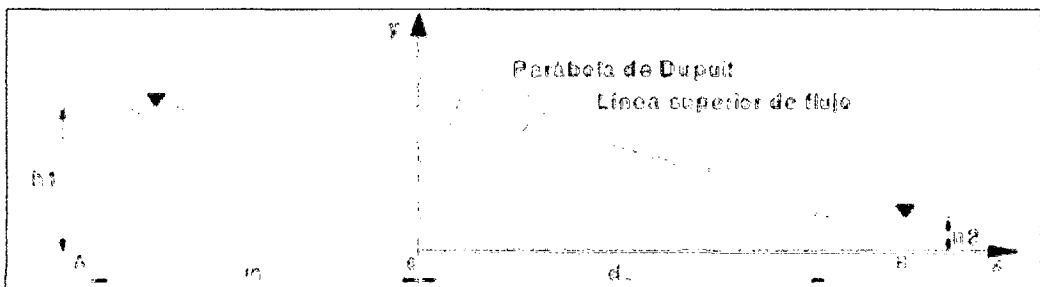


Figura 2.10: Parábola de Dupuit y Cálculo del caudal

La expresión obtenida por Dupuit no representa correctamente la línea de corriente superior, pues no se ha planteado condiciones de entrada ni de salida de la LCS y esta depende de la geometría de la sección de presa y es independiente de la permeabilidad del material que constituye la región de flujo; más aún, para $h_2=0$ la parábola de Dupuit intersecaría la línea de flujo representada por la frontera impermeable AB y esto es inadmisibles pues debe ser diferente de cero para permitir la salida del gasto q . A pesar de estas graves objeciones, se sabe que la fórmula de Dupuit es una expresión rigurosa del caudal para presas con taludes verticales (Hantush, 1962) y que para presas con taludes no verticales, la misma fórmula sorprendentemente da muy buenas estimaciones del gasto real para fines prácticos.

A partir de la solución de Dupuit, aparecen otros autores que han dado solución a problemas prácticos de sección de presa de tierra sobre cimientos impermeables con diferentes diseños de drenaje.

Para drenajes de pie de talud Schaffernak y Van Iterson propusieron en 1916, independientemente, determinar la posición de la línea de corriente superior y mantener las dos hipótesis de Dupuit, pero imponiendo la condición de condiciones de entrada y salida de la LCS.

A. Casagrande, propone que este método se use para cuando el ángulo que forma el talud aguas abajo con la horizontal es menor de 30° , pero resulta que casi en la totalidad de las presas de tierra homogénea con drenaje de pie de talud caen en esta situación.

Para drenajes de colchón en presas de tierra homogénea sobre cimiento impermeable, Kozeny en 1931 da una solución rigurosa de la ecuación de Laplace, también utilizando las hipótesis de Dupuit y complementando las condiciones de entrada y salida de la línea de corriente superior en los taludes aguas arriba y aguas abajo respectivamente.

Para drenajes de chimenea en presas de tierra homogénea y para presas con núcleo o pantalla de materiales arcillosos y espaldones de enrocamiento, todos sobre cimientos impermeables, A Casagrande propone soluciones ingeniosas para determinar la posición de la línea de corriente superior, abarcando con ello todos los casos que se presentan en la práctica (Armas Novoa & Horta Mestas, 1987).

2.6. OTROS MÉTODOS APROXIMADOS PARA RESOLVER PROBLEMAS DE FLUJO

Armas N. y Horta M. (1987) indican métodos que apareció en las Memorias Del Primer Congreso De Grandes Presas, Vol IV, Estocolmo, 1933.

La ecuación de Laplace no solo gobierna el flujo establecido a través de un medio poroso, sino que también para resolver varios problemas de la física aplicada. Ante esta situación se han desarrollado varios métodos aproximados para resolver problemas de flujo como son modelos físicos, modelos analíticos y métodos numéricos y computacionales

El estudio del fenómeno de percolación en estructuras de tierra tiene como objetivo determinar la LCS que delimita una región completamente saturada de otra no saturada, así como el campo de presiones que se desarrolla dentro de la presa (Beneyto, et al., 2005). Durante mucho tiempo estos problemas fueron resueltos de manera gráfica, analítica o numéricamente considerando solo la zona saturada.

Los modelos físicos dan una percepción buena de lo que está ocurriendo durante la filtración y permiten una apreciación física de la reacción del sistema de flujo a los cambios en la carga, en la geometría, y otras suposiciones, estos modelos se lo realizan mediante analogías eléctricas que exigen la construcción de una región de flujo geoméricamente similar.

Los métodos analíticos solucionan problemas de flujo mediante transformaciones y mapeos explicado por Harr (1962) para transferir la geometría de un problema de filtración en un plano complejo en otro plano, de esta manera, la geometría de un problema puede tomarse de un plano donde la solución es desconocida a un plano donde la solución es conocida. Otra solución por métodos analíticos es el método de los fragmentos desarrollado por Pavlovsky (1936, 1956), que permite separar en tramos el problema de flujo para desarrollar el análisis de la filtración en su totalidad.

Los métodos de solución numérica son el método de diferencias finitas y el de elementos finitos, pueden modelar en forma bidimensional o tridimensional. Existen numerosos programas para estos métodos.

En la mayoría de los libros geotécnicos tienen una sección dedicada a la filtración de la que trata sobre cómo construir e interpretar las redes de flujo. A pesar de la aparente simplicidad, la construcción de una buena red de flujo que cumpla con todos los criterios no es una tarea trivial. Afortunadamente, existe disponibilidad de las computadoras y las herramientas de software numéricos, que proporcionan soluciones

numéricas que ayudan a obtener resultados con mayor rapidez y facilidad que la construcción de una red de flujo. Por otra parte, una solución numérica proporciona toda la información que se puede obtener a partir de una red de flujo y mucho más. Además, los análisis numéricos pueden proporcionar soluciones para situaciones altamente complejas para los que no es posible construir una red de flujo. Redes de flujo, por ejemplo, son casi imposibles de construir para un estratigrafía compleja o cuando hay tanto flujo saturados e insaturados, o cuando el flujo es transitoria. Con una herramienta de software como SEEP / W este tipo de situaciones se puede considerar fácilmente en un análisis de la filtración. (Krahn, 2012)

La localización de la LCS no es conocida a priori, necesitándose un proceso iterativo para poder determinarla por los métodos numéricos y computacionales. Esta iteración puede hacerse de diversas maneras, por ejemplo, puede usarse una malla fija y separar los nodos en activos e inactivos dependiendo del fluido existente en el punto considerado (Bathe & Khoshgoftaar, 1979).

2.6.1. MÉTODO DE ELEMENTOS FINITOS

Bathe K. y Khoshgoftaar M. (1979) El Método de los Elementos Finitos es un método numérico de resolución de problemas Ingenieriles que resulta de gran importancia por su utilidad práctica. Es una herramienta de cálculo muy potente que permite al ingeniero resolver infinidad de problemas. Sin embargo, es un método que no proporciona la solución exacta a un problema dado, sino que, en realidad, proporciona una solución aproximada. Este método se basa en el modelo de malla (no necesariamente rectangular) que divide la región de flujo en elementos discretos y proporciona N ecuaciones con N incógnitas. Para cada elemento se especifican sus propiedades, como la permeabilidad, y se establecen las condiciones de borde (cargas y caudales). Se resuelve el

sistema de ecuaciones para determinar las cargas en los nodos y caudales en los elementos.

La ecuación fundamental del flujo bidimensional y anisótropo:

$$k_x \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + k_y \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = 0$$

Pudiéndose plantear una ecuación funcional que es:

$$I = \frac{1}{2} \iint_{Area} \left[k_x \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right)^2 + k_y \left(\frac{\partial h}{\partial y} \right)^2 \right] dydx$$

Si se encuentra la función h que satisface las ecuaciones de borde y minimice esta funcional al plantear la solución será equivalente a encontrar la solución exacta de la ecuación de Laplace. (Armas Novoa & Horta Mestas, 1987).

Minimizar implica plantear: $\partial I / \partial h = 0$

Solución del método de elementos finitos:

La solución plantea discretizar o dividir la sección de flujo en pequeñas áreas de geometría definida donde son válidas las ecuaciones dadas.

Estas áreas pueden tener propiedades de permeabilidad diferentes. La ecuación se puede formular de forma matricial al suponer una función interpolación que, dentro de una de las pequeñas áreas, del valor de la variable h en función de los valores de h_n en los nudos del área, la solución queda de la siguiente forma:

$$[K_e] \{h_n\} = 0$$

Donde:

$$[K_e] = \frac{1}{2} \iint_{Area} [B]^T [R][B] dArea$$

$\{h_n\}$ = Lista de cargas nodales

Las áreas se denominan elementos finitos, pueden ser triangulares o cuadriláteros de varios nodos, el número de nodos en el elemento es debido a la función de interpolación (la solución es más precisa mientras más nodos tenga el elemento) y por tanto la matriz dada por la ecuación dependerá de la discretización de los elementos.

Al ensamblar la matriz de rigidez $[K_e]$ de cada elemento en una matriz $[K]$ de todo el sistema se puede resolver y obtener las cargas para cada uno de los elementos, ya que se podría plantear el sistema:

$$[K]\{H\} = 0$$

Donde:

$$[K] = \sum_n [K_e]$$

$\{H\}$: Vector de todos los nodos del problema en los que se incluye aquellos con carga conocida.

Los sistemas formados son demasiado grandes para solucionar manualmente, por lo tanto requiere de uso de computadores que automáticamente realizan:

1. Construyen la matriz de rigidez de cada elemento $[K_e]$
2. Utilizan la posición de cada nudo y ensambla la matriz $[K]$
3. Plantean la solución del sistema: $[K]\{H\} = 0$

Pero como:

$$\begin{bmatrix} Kd & K^T \\ K^{*T} & Kc \end{bmatrix} \begin{Bmatrix} Hd \\ Hc \end{Bmatrix} = 0$$

Entonces:

$$[Kd]\{Hd\} = -[K^*]\{Hc\}$$

La solución resulta una lista de todas las cargas h del problema. Entonces se podrá calcular los gradientes en cualquier nodo, como también el gasto en la sección deseada.

El método de elementos finitos tiene varias ventajas sobre el método de diferencias finitas para los problemas de infiltración más complejos.

Radhakrishnan (1978) indica las siguientes ventajas:

- Se pueden estudiar con gran facilidad geometrías complejas con capas de suelos inclinadas.
- Se pueden modelar con precisión, variando el tamaño de elementos, zonas donde los gradientes de infiltración o las velocidades son altos.
- Se puede modelar porciones de suelo dentro de capas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 UBICACIÓN DEL PROYECTO

3.1.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

La zona pertenece a la región Sierra sur. En las coordenadas referenciales UTM, WGS84Datum:

Este	:	595444
Norte	:	8565047
Altitud	:	4060 m.s.n.m.

3.1.2 UBICACIÓN POLÍTICA

La ubicación política de la zona en la cual se localiza es:

Región	:	Ayacucho
Departamento	:	Ayacucho
Provincia	:	Huanta
Distrito	:	Huamanguilla
Lugar	:	Carnicería Pampa

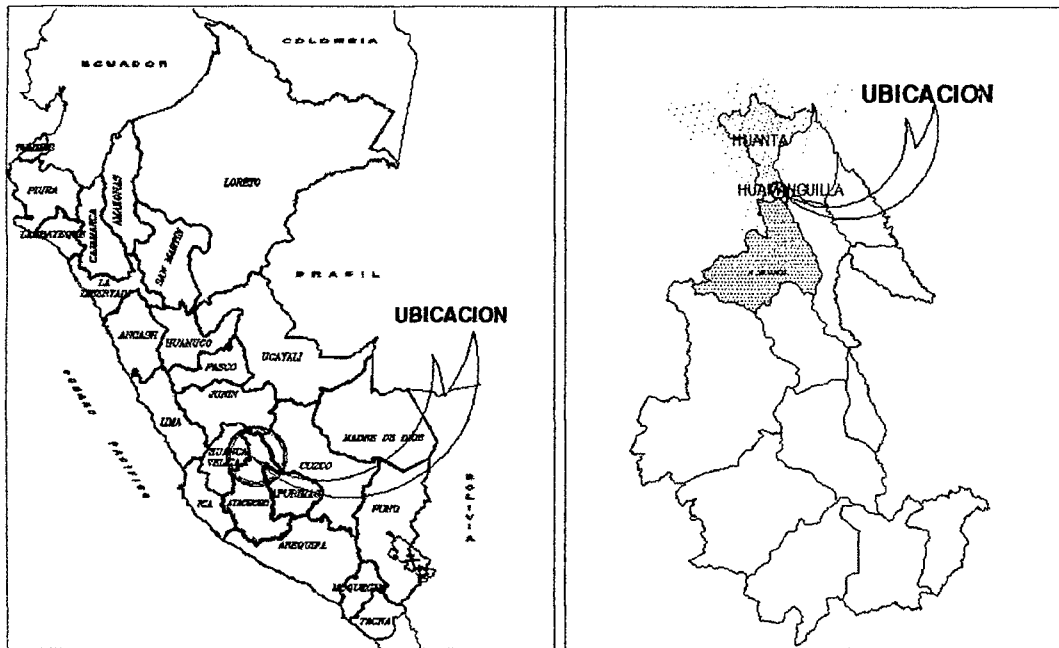


Figura N° 3.1: Ubicación del proyecto

3.2 DESCRIPCION DE LA ZONA DEL PROYECTO

3.2.1 DESCRIPCION DEL PROYECTO

El proyecto ejecutado comprende la construcción de una presa de material suelto de 28 metros de altura, 5.60 metros de ancho de la corona y con taludes simétricos 1V:1.75H (aguas arriba y aguas abajo).

Como medio impermeabilizante en el talud aguas arriba se dispone de una cobertura de materiales geosintéticos (geotextil – geomembrana – geotextil), y protección con C°A° $f_c=210 \text{ Kg/cm}^2$ $e=0.10\text{m}$.

La descarga de fondo está constituida por una tubería PVC NTP ISO 4422 C-10 Ø: 400 mm. Cubierto de C°A° $f_c=210 \text{ Kg/cm}^2$ $e=0.20\text{m}$ a lo largo de la línea de conducción, diseñado para descargar mayor de 500lps ubicado a 8m de altura de la carga en la presa.

La operación será regulada mediante dos válvulas de hierro dúctil una Válvula mariposa y válvula compuerta Ø: 400 mm. Que permitirá regular el caudal necesario para la irrigación.

También se dispone de una poza disipadora tipo impacto, a base de C°A° $f_c=210 \text{ Kg/cm}^2$ $e=0.20\text{m}$, diseñado para disipar energía de un caudal descarga de 500lps.

Se dispone también de un aliviadero de excedencias de ancho y altura variable según pendiente de terreno, diseñada para evacuar el caudal de máximas avenidas de 13.77 m³/s de un periodo de retorno de 50 años.

Culminadas las obras anteriormente descritas nos permitirán almacenar un volumen de 1.31 MMC y de esta manera poder irrigar 468 Has. Con un riego tecnificado. (Fotografía N° 01 en anexos)

3.2.2 VIAS DE COMUNICACIÓN

Cuenta con la carretera longitudinal Ayacucho-La vega-Huamanguilla – desvío de la trocha carrozable en buen estado a la laguna yanacocha y desvío hasta la presa Carnicería Pampa. (Cuadro N° 3.1)

A continuación se presenta la articulación a nivel provincial.

Cuadro N° 3.1: Vías de comunicación a la zona del proyecto

DE	A	Distancia km	Tiempo Hr.	Tipo de vía	Frecuencia
Huamanga	La Vega	28.3	00:20	Asfaltado	Diaria
La Vega	Huamanguilla	9.5	00:25	Afirmado	Diaria
Huamanguilla	Desvío de la carretera a la Laguna Yanacocha	10.2	00:30	Trocha carrozable	
Desvío de la carretera a la Laguna Yanacocha	Presa Carnicería Pampa	3.28	00:15	Trocha carrozable	

Fuente: Expediente técnico reformulado

3.2.3 ASPECTOS CLIMÁTICOS

Clima

Evaluando la información meteorológica a nivel regional, el área del proyecto, según la clasificación de Kopen posee un clima de alta montaña con características frías (Clima Frío o Boreal), característico de los valles mesoandinos entre los 3000 y 4000 msnm. Este clima presenta como rasgo fundamental precipitaciones anuales promedio de 700 mm

y temperaturas medias anuales de 8 °C; registrándose generalmente veranos lluviosos e inviernos secos con fuertes heladas.

Precipitación

En cambio los sectores de Huamanguilla, Pacchapata y Chaupirangra, en Ayacucho (3,800 msnm) tienen valores que van de 500 a 700 mm anuales. En este sector también las precipitaciones se concentran de diciembre a abril, siendo a menudo en forma de granizo. (Cuadro N° 3.2)

Cuadro N° 3.2: Registro de precipitaciones total mensual (mm)

ESTACION	: HUAMANGA		DISTRITO	: AYACUCHO		ALTITUD	: 2772.0 msnm						
CODIGO	: 005		PROVINCIA	: HUAMANGA		LATITUD	: 13°08'51"						
			DEPARTAMENT	: AYACUCHO		LONGITUD	: 74°13'06"						
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
1994	130,9	133,0	96,2	20,9	7,4	2,9	10,9	25,6	9,8	19,4	49,3	86,3	592,6
1995	157,4	128,9	123,3	12,5	16,5	0,0	2,0	5,6	9,7	34,3	79,1	48,5	617,8
1996	75,2	126,6	99,0	43,8	1,4	0,0	0,0	16,7	26,1	20,8	22,3	57,2	489,1
1997	147,7	121,6	78,1	25,4	2,9	0,0	2,0	20,2	38,7	23,6	69,3	96,6	626,1
1998	116,8	104,1	94,1	6,8	0,4	5,8	0,0	3,9	19,6	56,3	32,4	42,6	482,8
1999	107,1	142,3	91,5	29,0	2,6	0,6	4,8	0,0	58,7	13,3	91,2	59,3	600,4
2000	126,0	174,2	91,5	8,0	20,3	10,8	55,8	12,7	6,2	66,0	22,1	79,2	672,8
2001	161,9	101,3	86,5	23,0	6,7	2,7	10,1	12,1	24,1	33,4	52,2	67,1	581,1
PROM.	127,9	129,0	95,0	21,2	7,3	2,9	10,7	12,1	24,1	33,4	52,2	67,1	
MAX.	161,9	174,2	123,3	43,8	20,3	10,8	55,8	25,6	58,7	66,0	91,2	96,6	
MIN.	75,2	101,3	78,1	6,8	0,4	0,0	0,0	0,0	6,2	13,3	22,1	42,6	
DESV.	28,70	22,94	13,10	12,25	7,35	3,81	18,71	8,66	17,59	18,68	26,02	18,86	

Temperatura

En el sector arriba de los 4,200 a los 3,800 msnm la temperatura promedio anual desciende a menos de 7° u 8°C. Este sector conforma el piso frío de la zona alto andina, el cual presenta heladas frecuentes a lo largo del año.

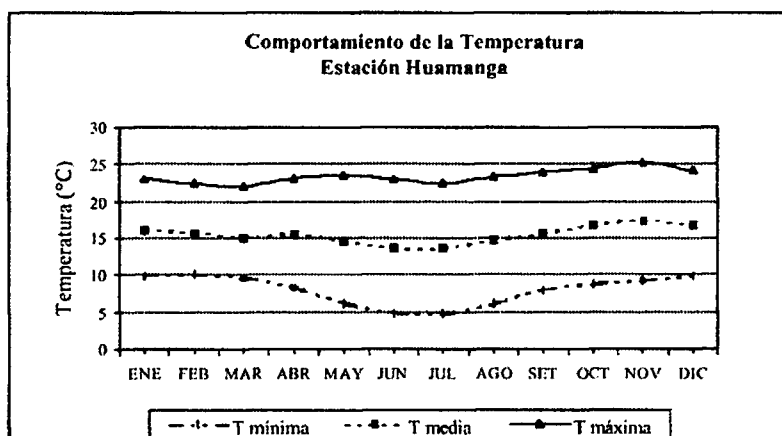


Figura N° 3.2: Comportamiento de la temperatura

Suelos y vegetación

La zona presenta vegetación natural como vegetación cultivada; la zona con vegetación natural está compuesta de pastos, arbustos, entre otros los que son utilizados como zonas de pastoreo.

La vegetación primaria ha sido fuertemente deteriorada y sustituida en gran parte por los cultivos que se llevan a cabo mediante el riego o con la lluvia en los límites superiores de la formación.

Un indicador vegetal en esta Zona de Vida es el "Eucalipto" (*Eucalyptus globulus*), el "capuli" o "guinda" (*Prunus capollin*) y la "chamana" (*Dodonaea viscosa*), a la que siempre se la encuentra en los límites inferiores más abrigados, cerca de la línea de cambio a la Zona de Vida Estepa Espinosa.

En la agricultura, los cultivos que se producen son de corto periodo, tales como maíz, trigo, papa, tuna, entre otros; este uso se da en zonas que disponen de agua, así mismo se da agricultura por secano.

3.2.4 GEOLOGIA

La presente evaluación geológica plantea el reconocimiento de las principales formaciones geológicas en el área de influencia de la zona en estudio, sus características físicas, químicas y estructurales, así como sus implicancias ambientales con respecto a las obras previstas por el proyecto.

Litológicamente está compuesto de una secuencia paleozoica, destacando el Grupo Mito.

Los depósitos inconsolidados y de cobertura reciente se encuentran conformados por sedimentos aluviales y depósitos de glaciofluviales regionalmente.

El sector del trazo del proyecto se caracteriza por presentar una geodinámica de movimiento creep, donde se aprecia deslizamientos de materiales tabulares y estriados producto la acción de las morrenas.

La importancia del tema geológico radica principalmente en su influencia sobre las condiciones geológicas, geomecánicas y geodinámicas que

afectan al proyecto, teniendo en cuenta que el conocimiento de la geología local permite evaluar la naturaleza de las formaciones rocosas donde se realiza la exploración y así mismo se obtendrá la factibilidad de la construcción de las presas, de acuerdo a su litología y composición física.

La zona del proyecto a nivel local se encuentra representado litológicamente por el Grupo Mitu en su Secuencia Superior están por una sucesión de lavas, piroclásticas e ignimbritas, a su vez como materiales inconsolidados se encuentran depósitos morrenicos.

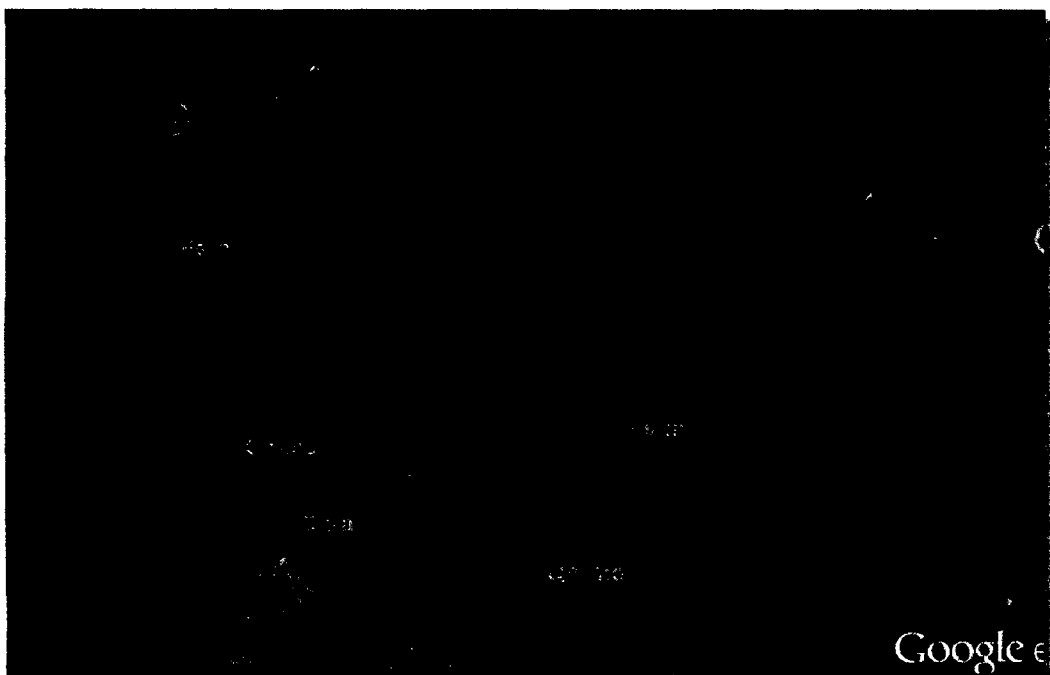


Figura N° 3.3: vista panorámica de las formaciones geológicas en la zona del proyecto

3.2.4.1 GRUPO MITU (Ps-m)

Mc Laughlin (1924) denomina formación Mitu a una gruesa secuencia clástica conformada principalmente por areniscas rojizas y grises que se exponen en los alrededores de Mitu en el Departamento de Cerro de Pasco, atribuyéndole una edad Carbonífera. Posteriormente, Newell et al (1953) la eleva a la categoría de grupo y la enmarcan dentro del Permiano Superior.

En el área, el Grupo Mitu aflora principalmente a lo largo de la Cordillera Oriental conformado afloramientos aislados. La mejor exposición es sin lugar a dudas, la del sector del Razuhuillca. En este sector la unidad está caracterizada por mostrar dos secuencias relativamente claras: una inferior principalmente sedimentaria, clástica, rojiza; y de otro lado, una secuencia superior compuesta por rocas volcánicas.

Localmente el Grupo Mitu aflora en su secuencia Superior.

- **secuencia superior**

Esta secuencia se caracteriza por las piroclastitas constituidas por tobas y brechas volcánicas, las primeras son de naturaleza riolítica; algunas de ellas son ignimbritas.

Las ignimbritas se encuentran en la parte Sureste por debajo de la presa proyectada con un RQD de 95% siendo esta roca una buena zona para el desarrollo de la obra.

Dentro de la zona de estudio también encontramos riolitas las cuales tienen una textura granofírica; en varias de las muestras se notan fenocristales de cuarzo y feldespatos alcalinos. Además revelan un intercrecimiento micrográfico de ambos minerales. Se nota la presencia de pequeños cristales de mica blanca sobre los feldespatos alcalinos. Estas rocas serían la prueba de un volcanismo ocurrido en el marco de una deformación distensiva como el de un ambiente de rift o detrás de arco volcánico (Noble et al, op. Cit.).



Figura Nº 3.4: formaciones geológicas en la margen izquierda de la presa

3.2.4.2 DEPOSITOS MORRENICOS (Qh-mo)

Bajo esta denominación se describen a un till constituido por acumulaciones de arcillas y arenas que engloban clastos heterométricos, con grosores que alcanzan entre 40 y 60 m. estos depósitos se encuentran a partir de los 3700 m.s.n.m. en los sectores laterales y frontales de los valles glaciares, actualmente en proceso de disección y se exponen principalmente en contacto con el Grupo Mitu en el área de influencia de la zona en estudio.

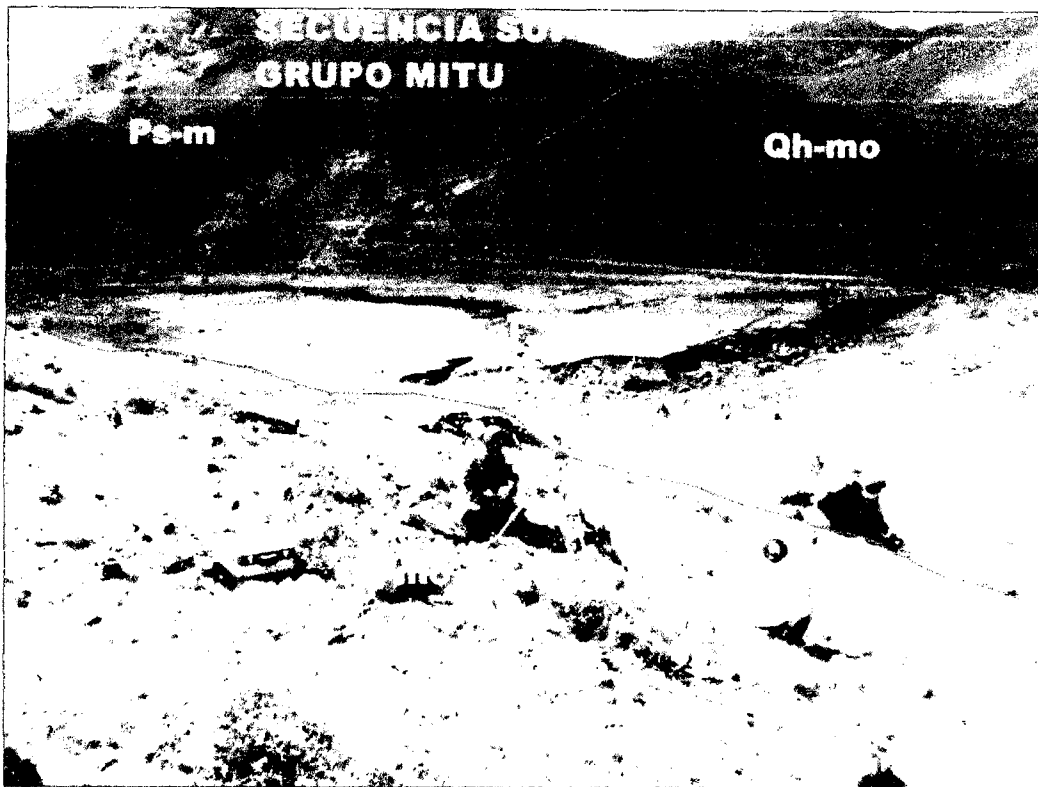


Figura N° 3.5: formaciones geológicas en la margen derecha y vaso de la presa

3.2.4.3 DEPOSITOS ALUVIALES (Qh-al)

Agrupan diferentes depósitos, tanto fluviales como aluviales, los cuales se caracterizan por componerse de gravas, arenas, limos y arcillas dispuestos en proporciones diversas, en el área del proyecto se encuentran en el eje de la presa. En la Margen Derecha se observa material cuaternario compuesto de depósitos aluviales con clastos subredondeados de litología ígnea envuelto en una matriz areno-limosa, con contenidos de arcilla.

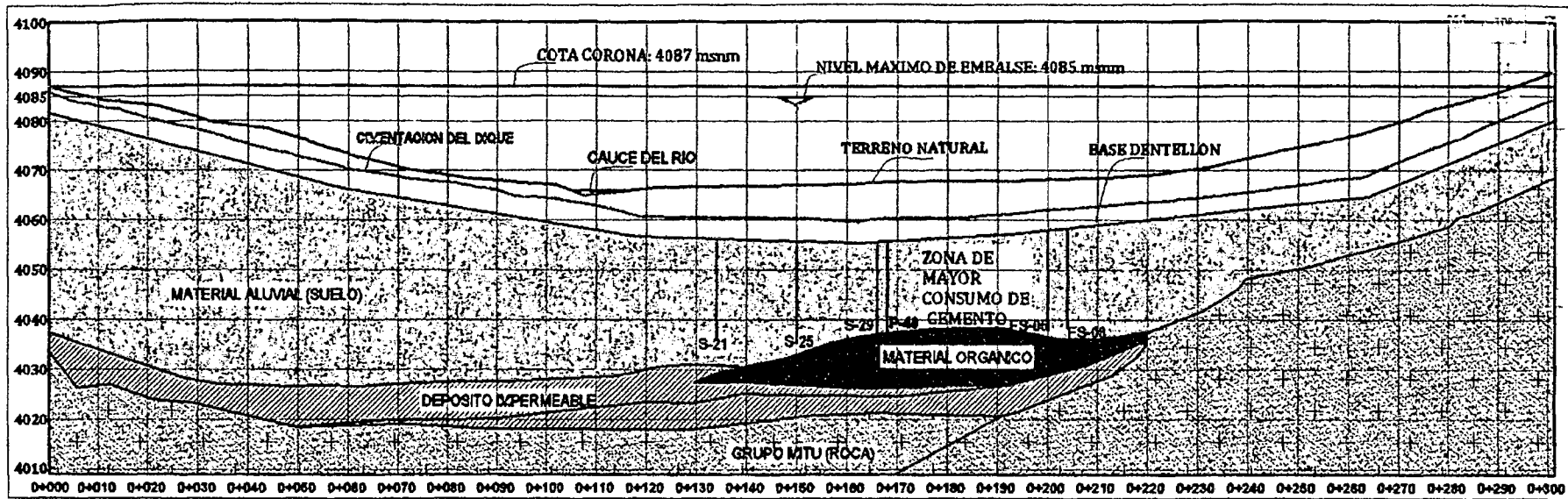


Figura N° 3.6: Perfil estratigráfico de la presa

El perfil estratigráfico, detalla 3 eventos de formación que dieron lugar al actual relieve donde se proyecta la presa, el primer evento se centra principalmente en el enfriamiento de lavas y deposición de material piroclástico constituyendo de la secuencia superior del Grupo Mitu; el segundo evento se trató de una cuenca sedimentaria, en la cual en un largo periodo geológico sirvió de emplazamiento a materiales pelíticos (arcillas), conformando una delgada capa impermeable; un último y reciente evento quedó enmarcado con la deposición de clastos de rocas subangulosos junto con arenas, limos y arcillas (Material Aluvial).

El perfil muestra un lente de materia orgánica entrampado entre la capa impermeable y el material aluvial reciente, este lente tuvo su origen de formación por medio de la degradación de organismos biológicos y de la vegetación que se emplazaron entrampándose dentro de la capa impermeable. Los compuestos orgánicos sufren un proceso de putrefacción el cual los convierten en gases dejados parte del lente como una cavidad sumamente permeable, que según se aprecia en el informe técnico de perforación e inyección, un mayor consumo de cemento en los trabajos de inyección entre los pozos primarios P-40 a FP-05 y los pozos Secundarios S-29 a FS-06 en las progresivas: 0+164 al 0+208 y 0+166 al 0+214 respectivamente, presentándose también en los pozos Secundarios S-21 (0+134) y S-25 (0+150). Por esta razón se recomienda una tercera línea de inyección en esta zona anómala.

3.2.4.4 ASPECTOS ESTRUCTURALES

Estructuralmente el área se encuentra afectada por fallamientos regionales, los cuales han originado el fracturamiento y reordenamiento de la estructura original de las unidades rocosas, causando fracturas y diaclasas.

El estilo tectónico es característico de los terrenos deformados a gran profundidad (10km. a mas) y que hayan sido posteriormente transportados a la superficie por levantamiento y erosión. Es decir que en un gran periodo de tiempo paso entre el momento de la deformación y la puesta al descubierto de estos terrenos

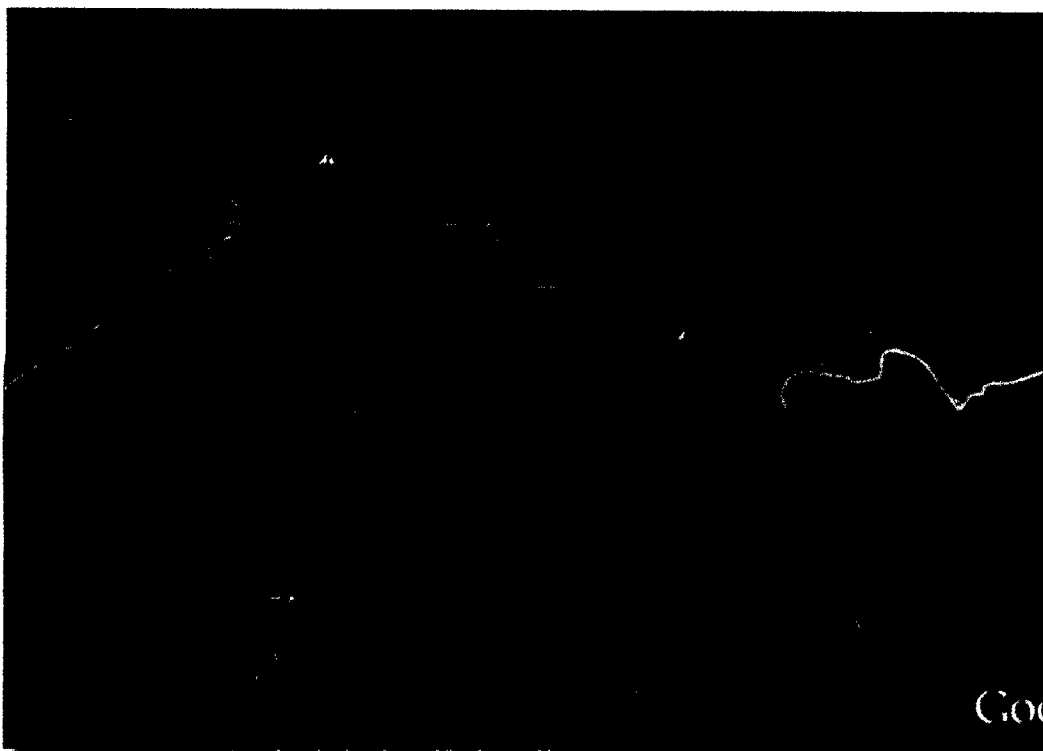


Figura N° 3.7: Vista de falla regional y filtraciones en la presa proyectada

En la imagen se muestra la falla regional al Noreste de la Presa Proyectada la cual tiene una dirección NW-SE, el cual modifico el relieve y forma de los afloramientos cercanos a las lagunas dentro del área de influencia, esta falla a su vez dio origen a la quebrada adjunta a la Presa proyectada, por donde discurre por medio de filtraciones el curso de río presente en la zona. Tenemos también que el área sufrió una modificación producto de la interacción de la falla en un movimiento de rumbo

3.2.4.5 PROCESOS DE GEODINAMICA EXTERNA EN EL AREA DEL PROYECTO

Desde el punto de vista de la geodinámica externa, las condiciones en el área del proyecto son estables, sin embargo, con la finalidad de establecer en forma puntual la vulnerabilidad de la misma se describe las siguientes:

DESLIZAMIENTOS

Los deslizamientos producidos en la zona de estudios están atribuidos a paquetes de arcilla y limo que colapsaron debido a la actividad externa de la zona tanto como la humedad y gravedad.



Figura N° 3.8: Vista de deslizamientos de paquetes de arcilla en la presa proyectada

3.3 MATERIALES Y EQUIPOS

3.3.1.- FASE DEL GABINETE

➤ materiales de escritorio:

- ✓ Cuaderno A – 4.
- ✓ Computadora
- ✓ Impresora
- ✓ Cámara digital
- ✓ Calculadora científica

- ✓ Libreta de campo
- ✓ Lapiceros
- ✓ Expediente Técnico
- ✓ Documentos
- **Software:**
 - ✓ AutoCAD civil 3d
 - ✓ Hoja de cálculo Excel 2010
 - ✓ Microsoft Word 2010
 - ✓ Software: SEEP/W del GeoStudio

3.3.2.- FASE DEL CAMPO:

- **materiales de replanteo:**
 - ✓ Wincha de 50 ml.
 - ✓ Pintura
 - ✓ Estacas
 - ✓ Flexo metro de 5 m.
 - ✓ Yeso de 25kg, cordel y escuadras.
- **Equipos topográficos:**
 - ✓ Estación Total marca Topcon.
 - ✓ Prismas
 - ✓ Calculadora científica.
 - ✓ GPS.
- **Equipos de perforación e inyección:**
 - ✓ 02 perforadoras geotécnicas TP-50D
 - ✓ 01 perforadora geotécnica catarpillar
 - ✓ 01 bomba de agua para la perforación
 - ✓ 01 mezcladora de alta turbulencia
 - ✓ 01 bomba de inyección de pistones de alta presión
 - ✓ 01 juego de equipos de ensayo lefranc
 - ✓ 01 juego de equipos de ensayo lugeon.

3.4. METODOLOGÍA

3.4.1. FASE DE CAMPO

En fase de campo, Se recorrió a la zona del proyecto

3.4.1.1. FASE N° 01: RECOLECCIÓN Y PREPARACIÓN DE DATOS

El proyecto "Presa de Enrocado en la localidad de Carnicería Pampa-Sector Anta-Huamanguilla-Huanta-Ayacucho", se encuentra en la etapa final de la construcción, en donde se tiene la información necesaria para la modelación de la filtración de la presa.

- Topografía del lugar de emplazamiento de las presas.
- las pruebas de permeabilidad de suelo in situ mediante el método directo (ensayo Lefranc y Lugeon).
- planos de inyección de impermeabilización de la presa.

3.4.2.- FASE DE GABINETE

Con los datos recolectados se procedió a ejecutar el proyecto para demostrar los objetivos.

3.4.2.1.- REDUCCION DEL GASTO DE FILTRACION

Para el estudio de la filtración es necesario conocer las permeabilidades de los materiales. La permeabilidad del cimient, donde se construirá la presa, se ha asumido en función de los resultados del ensayo Lefranc de perforaciones realizadas en el cierre de la presa, de los materiales extraídos de dichas perforaciones y de las calicatas realizadas en los supuestos sitios de préstamos. A estos últimos materiales se le han realizado ensayos físicos en Laboratorios de Suelos, con los cuales, mediante tablas existentes en la Literatura Técnica, se han asumido valores conservadores del coeficiente de permeabilidad. También se ha asumido permeabilidades horizontales y verticales iguales ($k_x=k_y$), tanto para el material compactado de la cortina, como para el material natural del cimient.

Es primordial determinar este parámetro, ya que de ellos depende, entre otros factores, estimar las presiones hidrodinámicas, gradientes hidráulicos y gasto de filtración a las que van a estar sometidos los suelos y macizos rocosos de la cimentación.

Los ensayos de permeabilidad tipo lefranc se han realizado en margen izquierda y derecha de la presa (P-01 y P-02 respectivamente).

a) Evaluación del perfil estratigráfico P-01

Los materiales encontrados en la perforación realizada, nos muestran estructuras de suelos pertenecientes a los Depósitos bofedales y glaciofluviales.

De acuerdo al SUCS los estratos encontrados varían en general, inicialmente de 0.00 a 1.00 m. de corrida es suelo orgánico, de 1.00 a 4.00 m. de corrida es suelo limos orgánicos (OL), de 4.00 a 17.00 m. de corrida tenemos gravas graduadas con arenas poco limos (GP) y de 14.00 hasta los 28.00 metros de avance suelos de arenas graduadas limpias con grava (SP) y hasta los 30 metros tenemos materiales rocosos de bolonería con grava y arenas poco limos consideradas como materiales sin clasificación (S/C).

Los valores del Coeficiente de Permeabilidad (K), obtenidos en los ensayos tipo Lefranc, en el primer tramos perforados, (de 0.00 a 4.00 m); corresponden proporcionalmente al estado gravas limosas en el tramo 3.50 - 4.00 m., (LF-1) su coeficiente promedio de 4.993×10^{-4} cm/seg; en los tramos de 4.00 a 15.00 metros corresponden a suelos consolidados es propio de gravas arenosas (LF-2) su coeficiente promedio de 5.979×10^{-3} cm/seg y en ensayo (LF-3) su coeficiente promedio de 8.820×10^{-3} cm/seg;

Así mismo, los valores promedio de los coeficientes obtenidos en lentes más profundas de 15.00 hasta 28.00 metros corresponden a suelos

consolidados de arena bien graduadas, en el tramo 20.60 a 21.00 m. su ensayo (LF-4) presenta coeficiente promedio de 7.774×10^{-3} cm/seg.

En tramo 24.60-25.00 m. ensayo (LF-5) su coeficiente promedio de 7.904×10^{-3} cm/seg.

Así mismo, el valor promedio de coeficiente obtenido se comporta como bolonería con grava arenosa bien graduadas menos densas, en el tramo 29.70 a 30.0 m (LF-6) su coeficiente promedio de 9.432×10^{-3} cm/seg corresponde a estado más compacto.

Se puede aplicar a los suelos encontrados en esta perforación, algunos conceptos importantes de la clasificación geomecánica de Bienawsky , como son : Su grado de meteorización, alteración, nivel freático, resistencia, con cuyos valores puede alcanzarse a tener un criterio acerca de las características geomecánicas de estos suelos, especialmente para poder efectuar evaluaciones desde el punto de vista geo-elástico.

De acuerdo a lo indicado líneas arriba, los suelos del perfil estratigráfico alcanzan a clasificarse dentro de la Clase V en la cual las características geomecánicas de los materiales encontrados son las siguientes:

Clase de material (según Bienawsky)	: Clase V
Velocidad Sísmica	: 400 – 1500 m/seg
Relación de Poisson (ν)	: 0.20 - 0.18
Compresión Simple Confinado	: 80 - 100 kg/cm ²
Peso Específico	: 2.60 - 2.70

b) Evaluación del perfil estratigráfico P-02

Los materiales encontrados en la perforación realizada, nos muestran estructuras de suelos pertenecientes a los Depósitos glaciofluviales.

De acuerdo al SUCS los estratos encontrados varían en general, inicialmente de 0.00 a 7.00 m. de corrida es suelo grava arenosa (GP) y de 07.00 hasta los 30.00 metros de avance suelos de arenas graduadas limpias con grava (SP).

Los valores del Coeficiente de Permeabilidad (K), obtenidos en los ensayos tipo Lefranc, en los primeros tramos perforados, (de 0.00 a 5.00 m); corresponden proporcionalmente al estado de los suelos gravas (GP) en el tramo 3.50 - 4.00 m., (LF-1) su coeficiente promedio de 1.77×10^{-2} cm/seg;

En los tramos de 10.50 a 11.00 metros corresponden a suelos (GP) consolidados, propio de gravas arenosas (LF-2) su coeficiente promedio de 2.071×10^{-2} cm/seg.

Así mismo, los valores promedio de los coeficientes obtenidos en lentes más profundos de 15.00 hasta 30.00 metros, el ensayo (LF-3) de tramo 14.5 a 15.00 su coeficiente promedio de 1.317×10^{-2} cm/seg.

En el tramo 19.50 a 20.00 m. su ensayo (LF-4) presenta coeficiente promedio de 2.548×10^{-3} cm/seg,

En el tramo 24.60-25.00 m. ensayo (LF-5) su coeficiente promedio de 3.029×10^{-3} cm/seg.

Así mismo, el valor promedio de coeficiente obtenido se comporta como grava con arenas bien graduadas menos densas, en el tramo 29.50 - 30.0 (LF-6) su coeficiente promedio de 3.069×10^{-3} cm/seg corresponde a estado más compacto.

Cuadro N° 3.3: Propiedades geomecánicas

Características	Clase V	Clase IV	Clase III	Clase II	Clase I
Velocidad sísmica (m/s)	400 – 1500	1500 – 2500	2500 – 3500	3500 – 4400	4400
Módulo de deformabilidad (Kg./cm ²)	---	200	---	200 a 600	600
Coefficiente Poisson	0.2	0.2 – 0.18	0.18 – 0.13	0.13 – 0.10	0.10
Compresión simple (Kg/cm ²)	80 - 100	100 – 500	500 – 1000	1000 – 2500	2500
Peso específico	2.6	---			3.00
Angulo de rozamiento	34°	15 – 25	25 – 35	35 - 60	35 -60

c) Topografía del lugar de emplazamiento de la presa

La topografía del lugar del emplazamiento de la presa es necesaria, ya que se requiere los perfiles del cierre de la presa para calcular aproximadamente el gasto de filtración, y así poder compararlo el caudal antes y después de inyección de impermeabilización del proyecto.

Para el análisis de filtración se han considerado 04 secciones transversales a lo largo del cierre de la presa.

El análisis, se realizó en las siguientes secciones (50, 100, 150 y 240) y con cada una en situación con tratamiento geotécnico (impermeabilización) así como sin tratamiento y también se han realizado las pruebas de permeabilidad en estas progresivas.

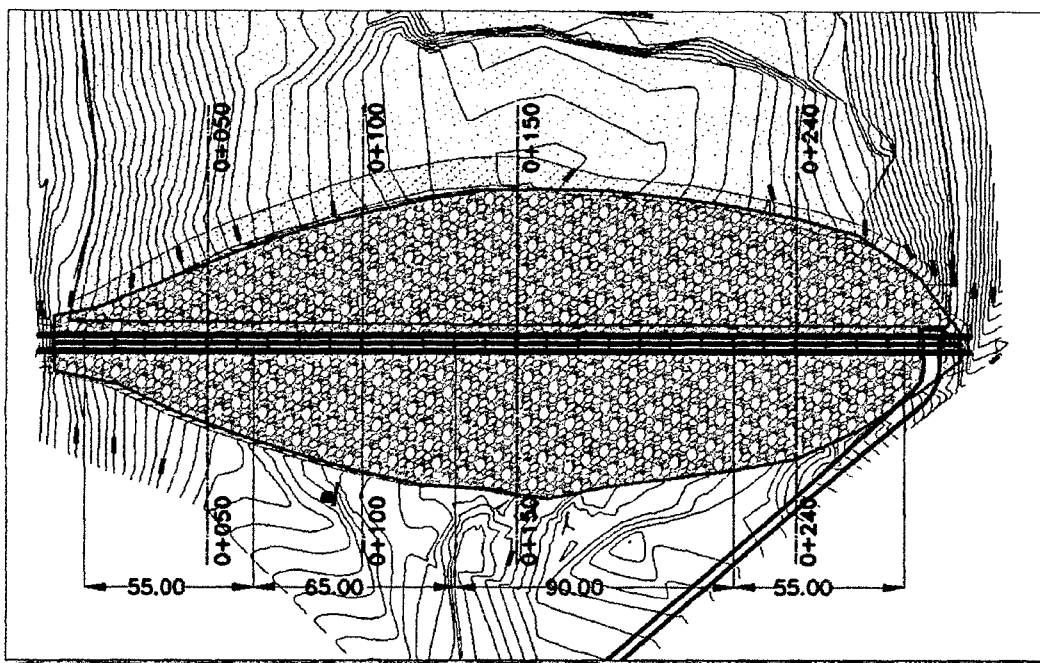


Figura N° 3.9: Ubicación de las Secciones Transversales de Análisis

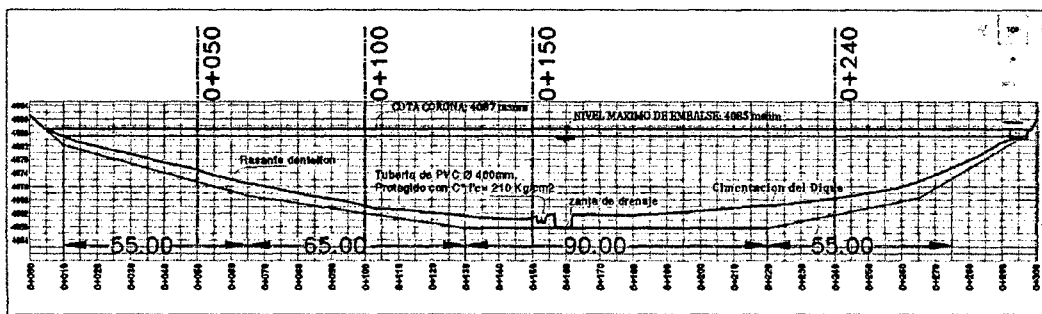


Figura N° 3.10: Perfil Geotécnico (Cierre de la Presa)

d) Pantallas de Impermeabilización

La experiencia en el uso de pantallas contra filtraciones a través del cimiento muestra que, para que las mismas sean eficientes en cuanto a la reducción del gasto de filtración, deben interceptar por completo el espesor del estrato permeable y embeberse en el estrato inferior impermeable. Sin embargo, por la profundidad de los estratos permeables en eje de la presa, según la Geología y las perforaciones realizadas en los emplazamientos de la presa, no es posible construir pantallas contra filtraciones que corten totalmente el estrato permeable, por lo que las

pantallas que se consideraran serán las denominadas pantallas colgantes con la inyección de mortero cemento.

La inyección de mortero cemento Consistió en la mezcla y bombeo del mortero prefabricado en una mezcladora especial, de tal forma que el agua y el cemento formen una mezcla uniforme evitando grumos, esta mezcla fue succionada por una bomba de lodos y lanzada por una manguera de alta presión dentro de los pozos perforados, la inyección fue controlado mediante manómetro de presión, para controlar su impulsión. La inyección se realiza colocando una empaquetadura como obturador para evitar la segregación del mortero el cual debe infiltrar en lo posible dentro del suelo.

Los trabajos de inyección con mortero de cemento, se realizó para el sellado en todo el eje del dentellón tanto en la parte de las estructuras y con el propósito de eliminar cualquier espacio y/o abertura por donde pudiera existir una posibilidad de filtración o conducción de agua.

Las inyecciones de mortero son unas mezclas de fraguado rápido, compuestas principalmente de agua, cemento y aditivos fluidizantes (EUCON 37) las cuales deben ser diseñados y aplicadas. La mezcla de cemento presenta requisitos claves para una buena inyección según las siguientes características.

- Lechada estable: decantación <5%
- Viscosidad baja: tiempo cono <32 seg
- Cohesión relativa: <0.2 mm
- Finura cemento: >4.000 cm²/gr

Estas características ya son pre establecidas en el tipo de cemento y por defecto son obtenidas cuando la mezcla presenta una dosificación de 1 bolsa de cemento por cada 20 a 22 litros de agua, que equivale a una densidad 0.5+- 0.02 kg/l.

La fabricación de la mezcla se efectuara con turbomezcladores de altas revoluciones (mayor a 1250 r.p.m.) colocando los materiales componentes, con base en la dosificación de proyecto, en el orden siguiente: agua, cemento y por último el aditivo. Una vez que haya sido

adicionado el último componente de la mezcla, esta debe mantenerse en agitación dentro del turbomezclador de 1 a 3 minutos, después de esto se envía a los agitadores de bajas revoluciones (60 r.p.m. mínimo) de las estaciones de inyección, en las cuales debe mantenerse en agitación mientras dure el proceso de inyectado o durante la vida útil de la mezcla.

La lechada para inyección es una mezcla única para todas las actividades de consolidación de la roca o gravas y cumple con la relación de agua/cemento (A/C) variable de (0.7 a 0.8) para que la mezcla cumpla con las siguientes propiedades:

- Viscosidad al cono Marsh entre 50 y 55 segundos, constante durante una hora.
- Obtenido de la prueba de filtrado menor o igual a 15 mm.

Se adiciono a la mezcla un fluidificante EUCON 37, asumido por la empresa. La dosificación es de 180 ml para una bolsa de cemento, es decir 0.5% de proporción en peso respectivo al cemento.

La norma cumple con los requerimientos para superplastificantes según la norma ASTM C 494, Tipo D y Tipo G. (Fotografía N° 02 en anexos)

e) Ensayo tipo Lefranc

Consiste en las mediciones de la permeabilidad de suelo in situ mediante el método directo, el cual se controló por un caudalímetro y un cronómetro. El ensayo consistió en la inyección de agua y la pérdida de la misma a través del subsuelo, obteniendo el parámetro de permeabilidad y que nos da una idea clara de cómo se comportara la inyección de cemento en el pozo. Este ensayo se presenta bajo dos condiciones, constantes y variables.

- **Ensayo Lefranc a nivel Constante**

Las pruebas lefranc se efectuaron en 02 puntos de suelos de los sondeos, en la margen derecha e izquierda de la presa, además se realizaron 07

pruebas en los 02 pozos de verificación durante la ejecución de la perforación.

El tramo de sondeo ensayado queda siempre definido entre el final de la tubería de revestimiento y el fondo del mismo. El ensayo es definido en el pozo y profundidad indicadas por el especialista y aprobado por la supervisión

Para la realización del ensayo se siguió las siguientes condiciones:

Aislar un tramo de suelo (cámara filtrante) y aplicar una carga hidráulica constante midiéndose el volumen de agua infiltrada en intervalos de tiempo fijos hasta establecerse una velocidad de infiltración uniforme.

La realización del ensayo requiere que, antes de medir tiempos y caudales, se llene el sondeo de agua, observando que el aire es expulsado y que se estabiliza el nivel y la velocidad de descenso, lo que indica que se ha alcanzado el régimen permanente.

El coeficiente de permeabilidad del suelo se calcula de manera simple con la siguiente formula (figura 3.11):

$$K = \frac{Q}{C \cdot h} ; \quad C = \frac{2\pi S}{\ln\left(\frac{2S}{d}\right)}$$

Siendo:

K= conductividad permeabilidad (cm/s)

Q= caudal (cm³/s)

h= carga hidráulica (cm)

C= coeficiente de forma (cm)

S= longitud de tramo de ensayo (cm)

d= diámetro interior del revestimiento (cm)

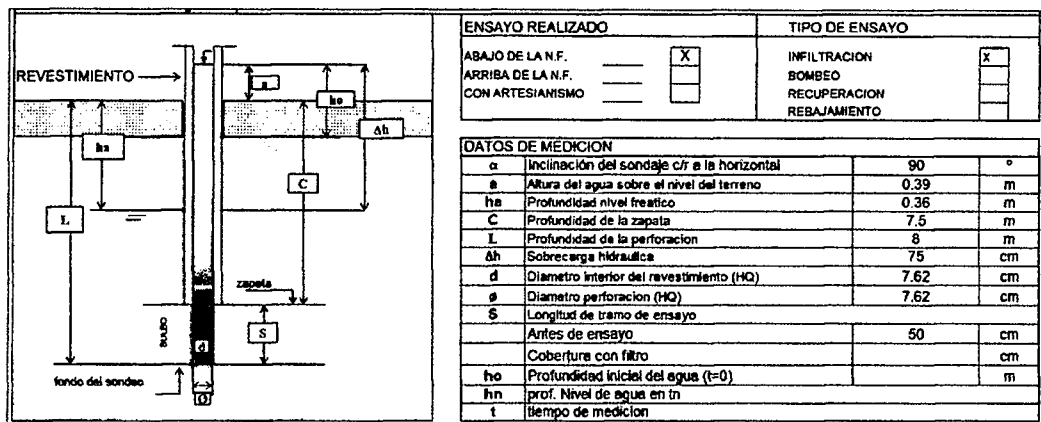


Figura N° 3.11: Ensayo Lefranc a nivel Constante

- **Ensayo Lefranc Variable**

Pueden presentarse dos casos: que la zona filtrante tenga un diámetro igual o distinto que la entubación del pozo. En este caso el diámetro es igual para todos los ensayos.

Consiste en hacer subir el nivel hasta una altura h_0 , y posteriormente medimos dos niveles, h_1 y h_2 , entre las que ha transcurrido un tiempo t .

La permeabilidad se calcula mediante la expresión siguiente (figura 3.12):

$$K = \frac{d_e^2 \ln(2L/d)}{8 * L * t} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

$$d_e = d$$

K = Conductividad hidráulica

h_1, h_2 = Altura del agua al principio y al final del ensayo

(se usa el software solinst leveloger)

T = tiempo transcurrido entre la observación de los niveles h_1 y h_2

L = longitud de la zona filtrante

d = diámetro de la zona filtrante

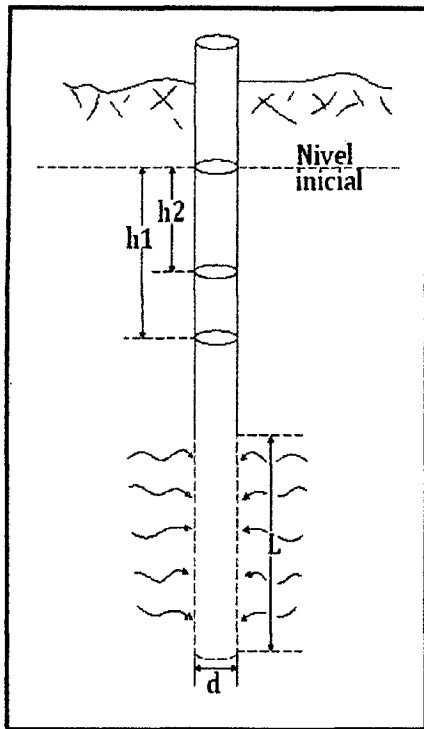


Figura N° 3.12: Ensayo Lefranc variable

El ensayo puede realizarse con una extracción instantánea de agua o con una inyección de agua (o sólido equivalente, slug).

Las pruebas lefranc variable se efectuaron en 02 pozos de verificación finalizando los trabajos de perforación según contrata, estas pruebas se realizaron en la parte central y m. derecha de la presa. (Fotografía N° 03 en anexos)

f) Ensayo de Permeabilidad del Tipo Lugeon

Este ensayo se realiza en el interior de sondeos y permite calcular semi cuantitativamente la permeabilidad de los **macizos rocosos**, en cualquier tipo de litología y estado de fracturación. Sin embargo se utilizó el mismo criterio a pesar de tener material gravo arenoso con los riesgos que implican de malograr el bimbar, o que se atasque en el pozo por el derrumbe que ocurre luego de la prueba.

El ensayo consiste en introducir agua a presión constante (en psi) en el sondeo, midiendo las admisiones durante un periodo de 10 minutos normalmente, se ensayan tramos de 5 metros de sondeo mediante dos obturadores; en este caso el ensayo se conoce también como packer test. Si el ensayo se realiza en el fondo del sondeo (5 m. finales) solo es necesario el empleo de un obturador, correspondiendo en este caso al ensayo tal y como lo definió Maurice Lugeon en 1933.

El ensayo es hecho en cinco estados, en los cuales la presión con la que el agua es inyectada, varía entre cada uno de ellos. Antes de empezar, se define la presión máxima que va a ser utilizada, esa no debe exceder la presión de confinamiento esperada de la profundidad de la perforación; sobre esta presión máxima se trabaja durante el ensayo para no generar fracturas en la roca a causa de la presión generada por el agua.

Cada estado consiste en bombear cuanta cantidad de agua sea necesaria para mantener definida y constante la presión misma, esto se hace, generalmente, en intervalos de 10 minutos. Esta presión es incrementada en cada estado subsecuente, hasta llegar a la presión máxima ya establecida. Una vez esta es alcanzada, la presión del agua debe ser reducida pasando por las mismas presiones de los estados anteriores.

Esquema del ensayo (Figura 3.13)

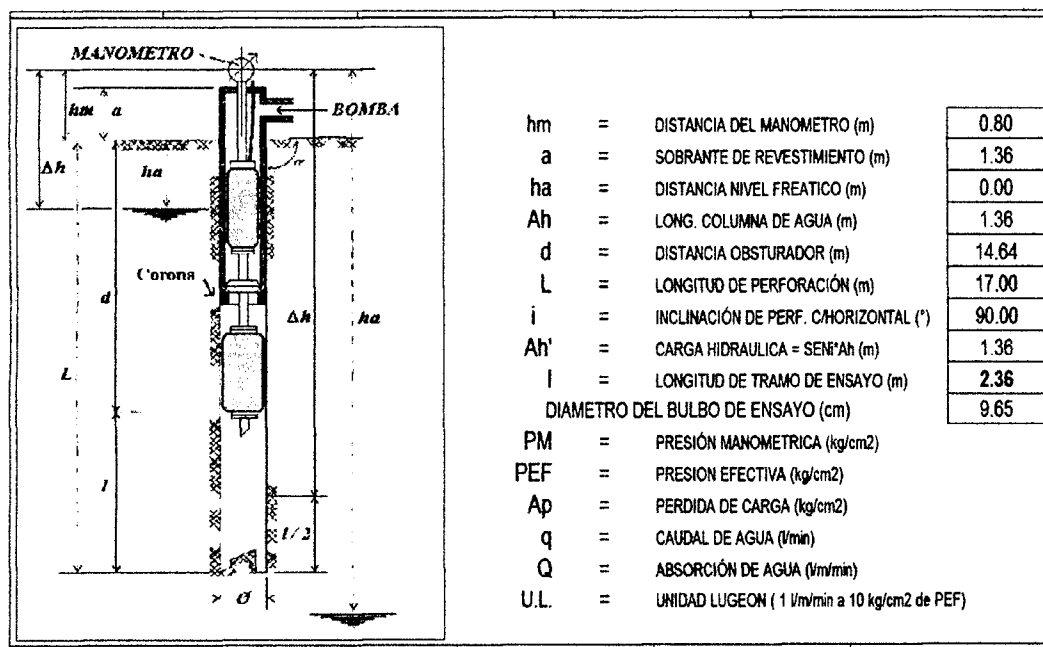


Figura 3.13: Ensayo de permeabilidad (tipo Lugeon)

Estado 1	Estado 2	Estado 3	Estado 4	Estado 5
Bajo 50%P.max	Medio 75%P.max	Maximo P.max	Medio 75%P.max	Bajo 50%P.max

Siendo P.max la presión máxima definida a la cual el agua debe ser inyectada

Es común para este ensayo expresar la permeabilidad del macizo rocoso en Lugeon. Un Lugeon (LU) es una unidad equivalente a 1 litro por minuto y metro, bajo una presión de 10kg/cm², esto es aproximadamente igual a 1x10⁻⁵ cm/s. es una unidad pequeña, y valores menores de un Lg indican en la práctica terrenos poco permeables.

Cuadro N° 3.4

Tabla 3-1

TIPO DE MACIZO	UNIDADES LUGEON	PRESION (kg/cm ²)
Muy Impermeable	0-1	10
Prácticamente Impermeable	1-3	10
Permeable	>3	10
	1.5-6	5
Muy Permeable	>3	10
	>6	5

Se calcula el valor de la absorción, en unidades Lugeon, dividiendo el gasto correspondiente a una presión de 10kg/cm², expresado en lt/min, entre la longitud de la zona probada, expresada en metros

Permeabilidad

De forma aproximada una unidad Lugeon, se puede establecer que, si se tuviera un medio poroso y homogéneo, en lugar de roca fisurada, sometido a una prueba de inyección, que diera una absorción igual a una unidad Lugeon tenemos la siguiente igualdad.

$$1UL \rightarrow K = 1.3 \times 10^{-5} \text{cm/s}$$

- **Ensayo con valores de caudal “Q” efectivo**

El caudal efectivo es aquel que se obtiene del caudal inyectado, más el caudal por infiltración superficial (aforo), más el caudal obtenido del ensayo Lefranc, al cual se le disminuye el caudal evacuado también por aforo. Q efectivo se obtiene de la siguiente ecuación

$$Q \text{ efectivo} = (Q \text{ Lugeon} + Q \text{ externo} + Q \text{ Lefranc}) - Q \text{ evacuado}$$

Caudal Lugeon, del ensayo tenemos diferentes caudales para diferentes presiones.

PM Kg/cm ²	1.50	3.20	4.00
Q(l/s)	0.41	0.92	1.47

Caudal de ingreso externo, se toma el dato del aforo hecho en campo antes y durante el ensayo. Q externo = 0.18 l/s, se aplica el mismo caudal para las diferentes presiones.

Caudal de Lefranc, este valor se obtiene del ensayo Lefranc variable (PV-3) con los siguientes datos

h1 (m)	0.951
h2 (m)	0.9496
t (s)	10
L (m)	2
D (m)	0.09
Q lefranc ensayo (l/s)	0.53
Q externo (l/s)	0.18

Caudal Evacuado, es el caudal excedente que retorna durante el ensayo. Para obtener este dato se realizaron aforos durante el ensayo. Caudal evacuado para las diferentes presiones.

PM Kg/cm ²	1.50	3.20	4.00
Q(l/s)	0.83	1.10	1.32

g) Permeabilidad del Dentellón y Cuerpo de la Presa

Armas N. y Horta M. en el libro de Presas de Tierra manifiesta que las Presas de Tierra el cuerpo está conformada por materiales sueltas y arcillosas, y espaldones de enrocamiento, la función de la arcilla es impedir el paso del agua a través del cuerpo y el enrocamiento exterior sirve como protección al cuerpo de presa, que aporta la estabilidad global de la estructura.

Con el fin de evitar en mayor medida la filtración a través del cuerpo, tiene que ser compactado; este proceso tiene como fin el disminuir la relación de vacíos por medios mecánicos y con el mejoramiento de la propiedad mecánica del suelo (permeabilidad).

El proceso de compactación en general tiene por objeto el mejorar las propiedades mecánicas del material, como la resistencia a la compresión, corte, la reducción de la permeabilidad y aumento de la flexibilidad. El fin del proceso de compactación en ésta es lograr alta flexibilidad y baja permeabilidad. Para conseguir alta flexibilidad y baja permeabilidad es necesario trabajar con energía de compactación baja similar a la del ensayo de compactación Proctor Estándar, y con humedades ligeramente por encima de la humedad óptima de dicha energía. Lo anterior está sustentado por la experiencia internacional en el campo de la construcción de presas de tierra, donde al igual que el núcleo de arcilla del dentellón que nos ocupa, es necesario evitar el fallo por agrietamiento del cuerpo, principal causa de falla catastrófica a tener en cuenta por el proyecto y la construcción

A continuación, como ejemplo palpable de lo anteriormente expresado en cuanto a la permeabilidad, se muestran en la Figura 3.14 y Figura 3.15.

En ambas figuras se observa que, para una misma energía de compactación (curva de compactación), la permeabilidad disminuye sustancialmente cuando se compactan con humedades ligeramente por encima de la óptima de la energía de compactación utilizada

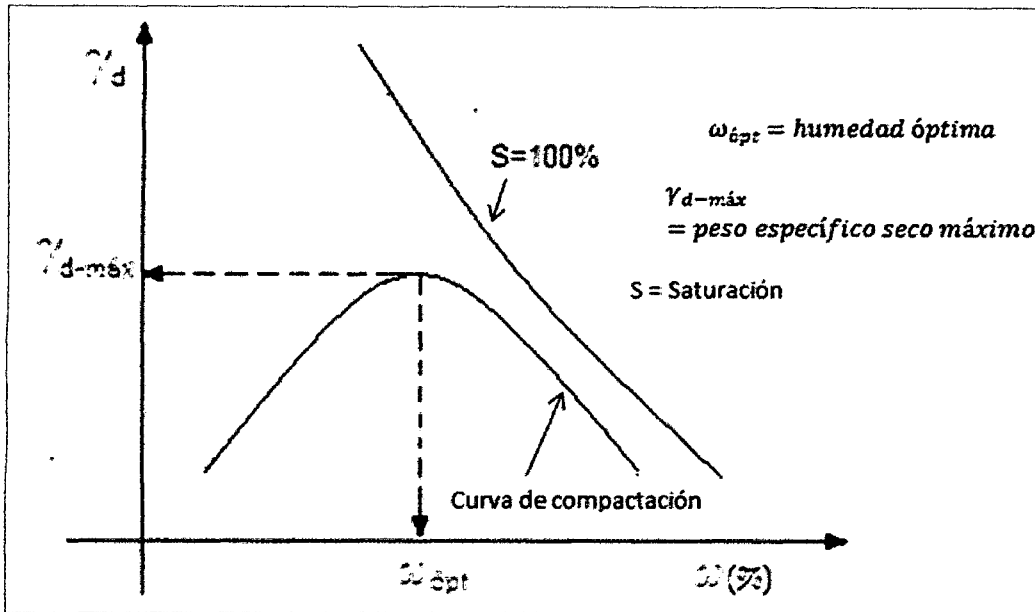


Figura 3.14: Curva de Compactación y Saturación

En la Figura 3.16 se muestra el caso de la arcillas arenosa utilizada en la construcción de la presa de tierra homogénea, La Coronela, en la provincia Artenisa, Cuba. Obsérvese que la permeabilidad disminuye de $4E-5$ cm/s hasta $2E-8$ cm/s con solo variar la humedad de compactación de la energía del ensayo Proctor Estándar hasta valores iguales o ligeramente superiores a la humedad óptima, $\omega_{opt} = 25.3\%$, de dicha energía de compactación. Lo más valiosos de esta experiencia mundial es que la reducción de la permeabilidad se logra gastando la misma energía de compactación, o sea, con el mismo costo de compactación en obra

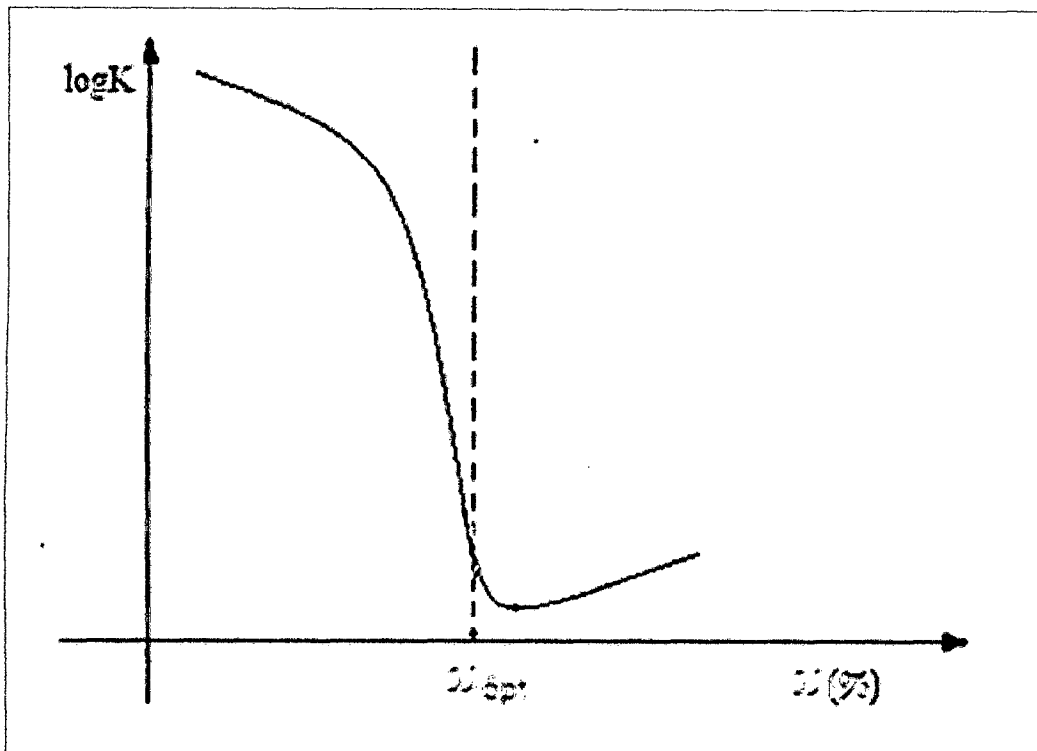


Figura 3.15: Variación de la Permeabilidad con la humedad, para una misma energía de compactación.

El agrietamiento en los núcleos de arcilla en presas de tierra, se produce ante la presencia de asentamientos diferenciales en el cimiento. Para evitarlo las normas internacionales recomiendan seleccionar materiales que tengan índice plástico mayores de 15% ($IP \geq 15\%$) y compactarlos con energía de compactación bajas (similares a las del Proctor Estándar) y humedades por encima del límite plástico para garantizar que el suelo compactado esté con humedades pertenecientes al estado plástico.

En los suelos con contenido de finos (materiales que pasan el tamiz No. 200), la humedad óptima del ensayo Proctor Estándar está cerca al límite plástico del suelo, por lo que para lograr mayor flexibilidad (opuesto a la rigidez) y con ello reducir la posibilidad del agrietamiento, se recomienda compactar con la humedad ligeramente por encima de la humedad óptima de la energía del Proctor Estándar.

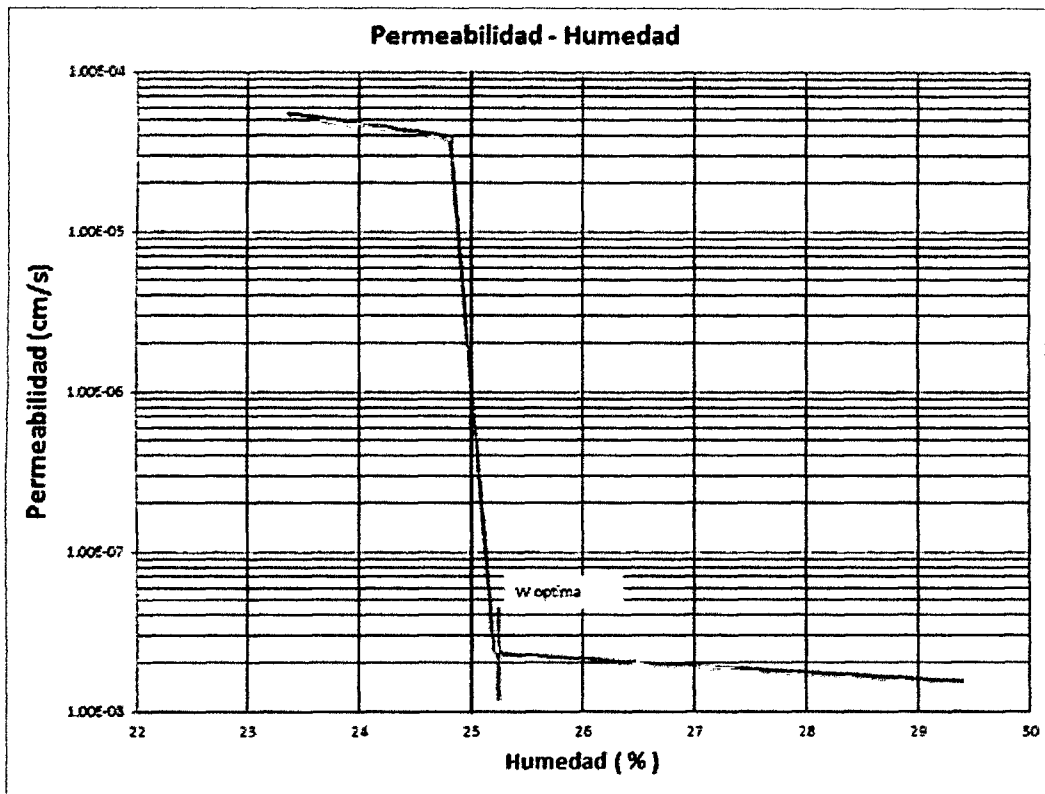


Figura 3.16: Variación de la permeabilidad con la humedad para la energía de compactación del ensayo Proctor Estándar

Debido a que las investigaciones ingeniero geológicas del proyecto Minas San Francisco, no se han investigado los materiales de préstamo con los que se construirá el núcleo de la presa, pero analizando la experiencia internacional en el diseño y construcción de presas de tierra se procederá a estimar los valores de permeabilidad y resistencia a cortante del supuesto material con el que se construirá la presa.

Joseph Bowles en el Análisis y Diseño de Cimentaciones, proporciona una tabla en donde se dan rangos de permeabilidad para los distintos suelos, aunque sin considerar el grado de compactación. Tabla 3-2 Valores de permeabilidad, según Bowles.

Cuadro N° 3.5

Tabla 3-2 Valores de permeabilidad, según Bowles

MATERIALES	PERMEABILIDAD MAXIMA (m/S)	PERMEABILIDAD MINIMA (m/s)
Grava limpia GW – GP	10+0	10-2
Grava limpia y arenas mezcladas GW, GP, SW, SP, GM	10-2	10-5
Arenas y limos mezclados SM, SC	10-5	10-9
Arcillas CL, CH	10-9	10-11

Terzaghi K, Peck R, Mesri G, en la Mecánica de Suelos en la Ingeniería Practica, recomiendan ciertos valores para el parámetro de permeabilidad que se detallan en la Tabla 3-3

Cuadro N° 3.6

Tabla 3-3 Valores de permeabilidad, según Terzaghi - Peck - Mesri

Coeficiente de Permeabilidad k (m/s) (escala log)												
	1.00E+00	1.00E-01	1.00E-02	1.00E-03	1.00E-04	1.00E-05	1.00E-06	1.00E-07	1.00E-08	1.00E-09	1.00E-10	1.00E-11
Drenaje	Bueno				Pobre				Practicamente Impermeable			
Tipo de Suelo	Grava limpia		Areana limpia, arenas y gravas mezcladas limpias			Arena muy fina, Limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arenas, limos y arcillas, depósitos glaciales till, depósitos de arcilla estratificada, etc.			Suelos "Impermeable", ejm. Arcillas homogéneas bajo la zona de erosión.			
	"Impermeable" suelos modificados por efectos de la vegetación y erosión											

El manual de Diseño de Presas Pequeñas del United States Department of the Interior, Bureau of Reclamation (USBR), proporciona la Tabla 3-4 en donde se observan los rangos de permeabilidad de los diferentes suelos.

Cuadro N° 3.7

Tabla 3-4 Valores de permeabilidad según el USBR

Coeficiente de Permeabilidad k (cm/s) escala Log					
1.00E+02 1.00E+01 1.00E+00 1.00E-01 1.00E-02 1.00E-03 1.00E-04 1.00E-05 1.00E-06 1.00E-07 1.00E-08 1.00E-09					
Drenaje	Bueno		Pobre	Prácticamente Impermeable	
Tipo de Suelo	Grava limpia	Areana limpia, arenas y gravas mezcladas limpias	Arena muy fina, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arenas, limos y arcillas, depósitos glaciales till, depósitos de arcilla estratificada, etc	Suelos "Impermeable", ejm. Arcillas homogéneas bajo la zona de erosión.	
	"Impermeable" suelos modificados por efectos de la vegetación y erosión				
Rangos de permeabilidad de ensayos de laboratorio sobre especímenes compactados USBR	Clasificación SUCS	Máximo	Promedio	Mínimo	Numero de ensayos
	GW				13
	GP				22
	GM				20
	GC				13
	SW				6
	SP				8
	SM				42
	SC				17
	ML				20
	CL				34
	MH				2
CH				4	

A partir de la información dada por los anteriores autores y organizaciones de prestigio internacional, mostradas en las tablas anteriores, y considerando el material que se encuentran en el eje de la presa (matriz areno-limosa, con contenidos de arcilla) es posible asumir como permeabilidad de arcilla en el dentellón, el valor: (Fotografías N° 06 en anexos)

$$k_{\text{núcleo}} = 1E-7 \text{ m/s.}$$

Este valor de la permeabilidad del núcleo es alcanzable fácilmente en cualquier tipo de suelo arcilloso, compactado con energía del Proctor Estándar y humedades ligeramente superiores a la humedad óptima de dicha energía de compactación.

De las mismas tablas anteriores se puede asumir que la permeabilidad del cuerpo y espaldón de la presa es superior a: (Fotografías N° 07 en anexos)

$K = 1E-2$ m/s.

h) Geomembrana (PVC e= 2mm)

La geomembrana se coloca desde la base del dentellón hasta la corona del talud aguas arriba. (Fotografías N° 05 y 08 en anexos)

La instalación es menos costosa que las pantallas de concreto armado, además alcanzan permeabilidades de: $K = 1E-10$ m/s.

3.4.2.2.- MODELACION EN SEEP/W.

Para el análisis de medidas contra filtración en presas se requiere realizar diversas modelaciones para finalmente llegar a un resultado que sea factible aplicarse al proyecto. Para el análisis del gasto por filtración para las presas con las diferentes medidas contra filtración ya mencionadas, se definió cuatro secciones para la modelación del gasto de filtración y gradiente hidráulico:

a) Principales pasos a seguir para la modelación de la filtración con SEEP/W.

El libro realizado por Krahn (2012) acerca de cómo modelar, describe cómo resolver problemas ingenieriles de filtración utilizando una potente calculadora; SEEP / W. Los detalles de cómo usar los distintos comandos y características de SEEP / W del programa se dan en la ayuda en línea dentro del software y los puntos a seguir más importes para la modelación es la siguiente:

1. Definición del problema.

Para la definición completa del problema necesitamos los siguientes datos:

- Geometría del problema
- Valores de la permeabilidad de los distintos terrenos.

- Condiciones de contorno, altura piezométrica, caudal filtrado, zonas impermeables, etc.

2. Definición de la geometría y el área de trabajo.

Se debe tener un bosquejo de las dimensiones exactas de la filtración a modelar antes de utilizar el programa. Se inicia el GeoStudio en el modo SEEP/W.

En la barra de herramientas se tiene Set: Page, Units and Scale son comandos usadas para definir el área de trabajo y las unidades a utilizar.

En View/Preferences es utilizado para cambiar el modo en que la geometría y las fuentes son mostradas.

El SEEP/W trabaja con regiones que son áreas de secciones definidas, como ejemplo en una modelación de la filtración de presas de tierras homogéneas una región sería la presa ya que tiene dimensiones y propiedades del material conocidas, a estas regiones se les pueden asignar materiales y condiciones de contorno.

Para el dibujo de las regiones se debe ingresar los puntos de la geometría del problema de filtración con respecto al eje ya dibujado con el comando KeyIn/Points, una vez ingresado los puntos las regiones se pueden dibujar utilizando el comando KeyIn/Regions, donde se añade una nueva región con los puntos que la forman o se pueden formar las regiones mediante líneas que unen los puntos de una región.

3. Definición de las propiedades y su asignación a regiones.

El menú Draw / Materials sirve para asignar las permeabilidades del suelo y aplicarlas a las regiones del dibujo. En suelos anisótropos, es necesario especificar el valor de la permeabilidad horizontal k_x como la conductividad saturada y de k_y/k_x como la proporción de conductividad, que es generalmente menor o igual a uno.

4. Definición de las condiciones límites o condiciones de contorno.

Asignar las condiciones de contorno del problema a resolver se logra a través de Draw / Boundary Conditions. En estos casos, definir líneas

equipotenciales en los límites de aguas arriba y abajo y dar los valores de presiones totales, utilizando el eje horizontal como referencia. Una vez que una condición de frontera se crea, se la puede asignar a un punto, línea o región.

5. Definición de los elementos finitos de la malla.

Se utiliza el comando Draw/Mesh Properties para proceder a la modificación o a la creación de la malla del modelo de elemento finito, dicha malla puede ser variada ajustando su tamaño del elemento y así como la forma del mismo.

6. Solución del problema.

Una vez realizado los pasos del 1 al 5 se puede solucionar el problema, se utiliza el comando Tools / Verify para verificar la definición del problema antes de su solución.

7. Visualización de los resultados.

La ventana Contour mostrará los contornos de las líneas equipotenciales. Desde Draw / Contours se pueden variar los intervalos y los colores, el comando Draw / Contour Labels muestra el valor del contorno que se desea analizar.

b) Método de análisis

El análisis de filtración de los diversos materiales que conforman el cuerpo y cimentación de la presa, se ha utilizado el módulo SEEP/W de Programa Geo-Studio 2007.

SEEP/W es un software que permite al usuario utilizar técnicas de elementos finitos como herramienta numérica, para analizar el flujo en un modelo bidimensional a través de medios porosos, en el que permite asignar condiciones de borde al modelo y propiedades específicas a los materiales.

El programa está formulado solo para flujos gobernados por la ley de Darcy, mediante la cual la cantidad de agua que pasa a través de un

medio poroso es proporcional a la permeabilidad del medio, al gradiente hidráulico y al área a través de la cual discurre el flujo.

La modelación de la presa es extensa para ser mostrada en este apartado, por lo que se mostraran los resultados del cálculo del gasto de filtración para cada una de las secciones de la presa.

3.4.2.3.- ANÁLISIS DEL GASTO CON LAS DIFERENTES MEDIDAS CONTRA FILTRACIONES EN LA CIMENTACION DE LA PRESA

Para el análisis del gasto por filtración para las presas con las diferentes medidas contra filtración, se definió las siguientes secciones para la modelación:

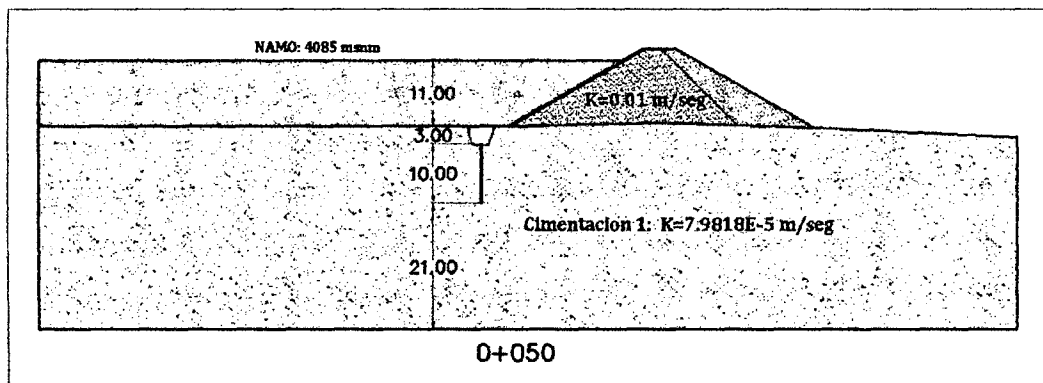


Figura 3.17: Sección progresiva 0+050

Cuadro 3.8: Permeabilidad de los Materiales para el Modelo SEEP/W (0+050)

Material	Permeabilidad (m/s)
Espaldón	1E-2
Cuerpo	1E-3
Filtro	1E-2
Geomembrana	1E-10
Dentellón	1E-7
Inyección	1.2648E-7
Cimentación 1	7.9818E-5

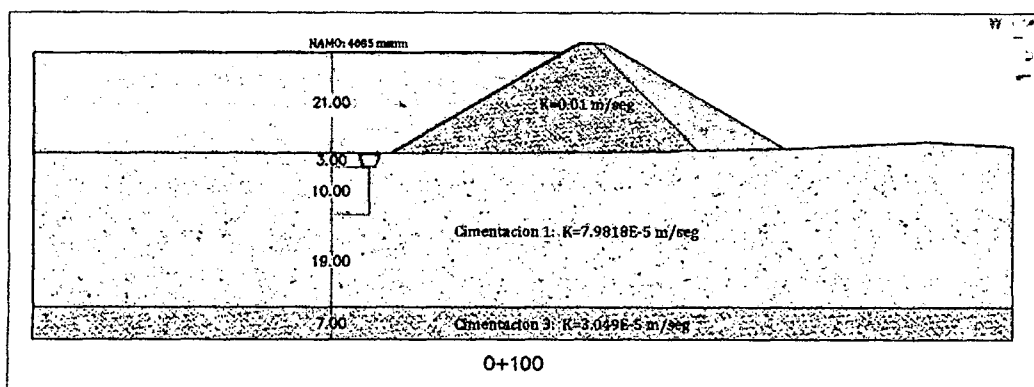


Figura 3.18: sección progresiva 0+100

Cuadro 3.9: Permeabilidad de los Materiales para el Modelo SEEP/W (0+100)

Material	Permeabilidad (m/s)
Espaldón	1E-2
Cuerpo	1E-3
Filtro	1E-2
Geomembrana	1E-10
Dentellón	1E-7
Inyección	1.7234E-7
Cimentación 1	7.9818E-5
Cimentación 3	3.049E-5

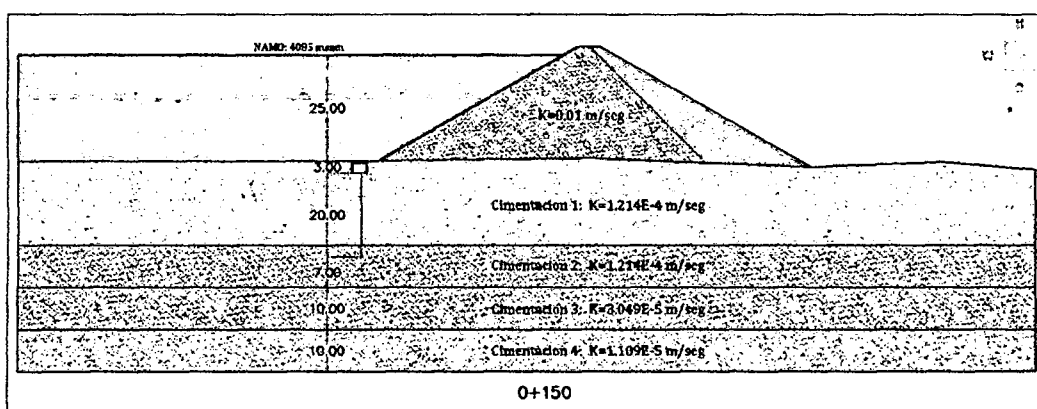


Figura 3.19: sección progresiva 0+150

Cuadro 3.10: Permeabilidad de los Materiales para el Modelo SEEP/W (0+150)

Material	Permeabilidad (m/s)
Espaldón	1E-2
Cuerpo	1E-3
Filtro	1E-2

Geomembrana	1E-10
Dentellón	1E-7
Inyección	3.64E-8
Cimentación 1	1.214E-5
Cimentación 2	1.214E-5
Cimentación 3	3.049E-5
Cimentación 4	1.109E-5

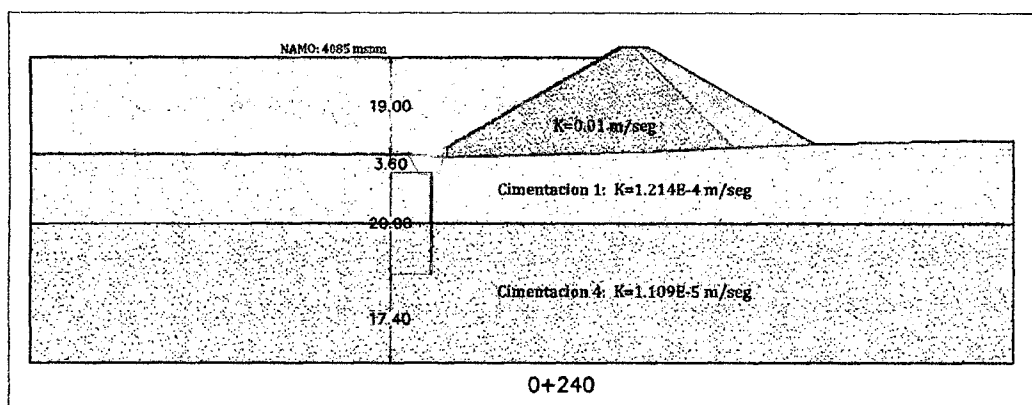


Figura 3.20: sección progresiva 0+240

Cuadro 3.11: Permeabilidad de los Materiales para el Modelo SEEP/W
(0+240)

Material	Permeabilidad (m/s)
Espaldón	1E-2
Cuerpo	1E-3
Filtro	1E-2
Geomembrana	1E-10
Dentellón	1E-7
Inyección	1.30E-8
Cimentación 1	1.214E-5
Cimentación 4	1.109E-5

La profundidad de la pantalla depende generalmente de las condiciones geológicas del terreno y de la carga de agua.

Se acepta que la profundidad de la pantalla sea del orden de la mitad de la carga hidráulica, a menos que existan condiciones geológicas muy desfavorables que involucren zonas más profundas con alta permeabilidad. Para definir esta característica resultan imprescindibles las perforaciones exploratorias con ensayos de permeabilidad.

3.4.2.4.- ANALISIS DEL MOVIMIENTO DE AGUA EN MEDIOS POROSOS EN LA CIMENTACION DE PRESA

- Soluciones gráficas de flujo establecido mediante redes de flujo

De la ecuación de Laplace:

$$k \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + k \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = 0 ; \frac{\partial^2 h}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 h}{\partial y^2} = \nabla^2 h = 0$$

Siendo esta la ecuación física de Laplace que indica la pérdida de energía en un medio poroso y representa dos grupos de curvas que se interceptan en ángulo recto en un mismo plano. Uno de los grupos de curvas se llama líneas de flujo y el otro grupo son las líneas equipotenciales y en conjunto forman la red de flujo.

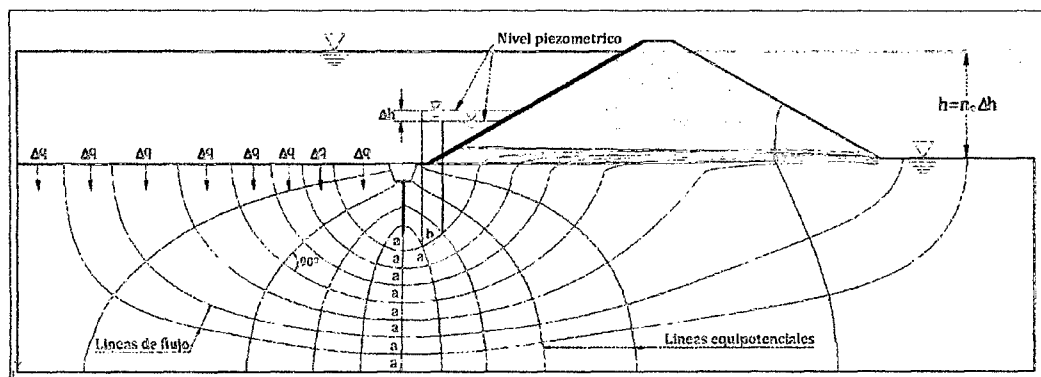


Figura 3.21: Red de flujo en la cimentación de presa

En estas condiciones el gasto que pasa por cada elemento de suelo rectangular es, de acuerdo con la ley de Darcy, el siguiente:

$$\Delta q = kiA$$

Pero para el elemento rectangular de suelo que se estudia $i = \Delta h/b$

Además, si consideramos una longitud unitaria (perpendicular al plano del dibujo) del elemento de manera que $A=a \cdot 1$, y tomamos en cuenta que:

$$\Delta h = \frac{h}{n_e}$$

Donde: n_e = número de caídas de potencial.

También:

$$\Delta q = \frac{q}{n_f} = k \frac{h a}{n_e b}$$

Donde: n_f = número de canales que se forman entre cada dos líneas de flujo y q = gasto total que pasa por unidad de longitud

Este gasto total resulta entonces:

$$q = kh \frac{n_f a}{n_e b}$$

Si además hacemos $a=b$, se obtiene:

$$q = kh \frac{n_f}{n_e}$$

Cuando la red de flujo queda en estas condiciones, es decir, después de haber trazado un par de familias de curvas que se intersectan a 90° , formando cuadrados (curvilíneos) y satisfaciendo las condiciones de frontera, se habrá resuelto en forma gráfica la ecuación diferencial de Laplace.

3.4.2.5.- ANÁLISIS DE LOS CAMPOS DE PRESIONES DEL AGUA, GRADIENTE DE ENERGÍA Y VELOCIDADES DE FILTRACIÓN

Una vez resuelto y modelado el gasto de infiltración utilizando el software SEEP/W, el potencial h es conocido en todos los nodos del dominio de filtración. A partir de ellos puede obtenerse también en cada nodo la velocidad de filtración y el gradiente hidráulico, que definen como campos vectoriales, y el campo escalar de presiones del agua. También puede obtenerse el caudal filtrado a través de la sección de la presa.

a) Presión del agua

Siendo la carga hidráulica o carga piezométrica h , la presión de agua en un punto del dominio de filtración representa la presión de poros μ_ω introducido en la siguiente ecuación, entonces tenemos:

$$h = z + \frac{\mu_\omega}{\gamma} , \quad p = \mu_\omega = \gamma(h - z)$$

Por tanto, conocido h en cada nodo del dominio, una vez resuelto el problema, de forma inmediata puede obtenerse la presión μ_ω correspondiente.

b) Gradiente hidráulico

El vector gradiente hidráulico en un punto lleva la dirección de la velocidad de filtración, o sea, es tangente a la línea de filtración que pasa por ese punto, y su módulo puede obtenerse directamente a partir de su propia definición.

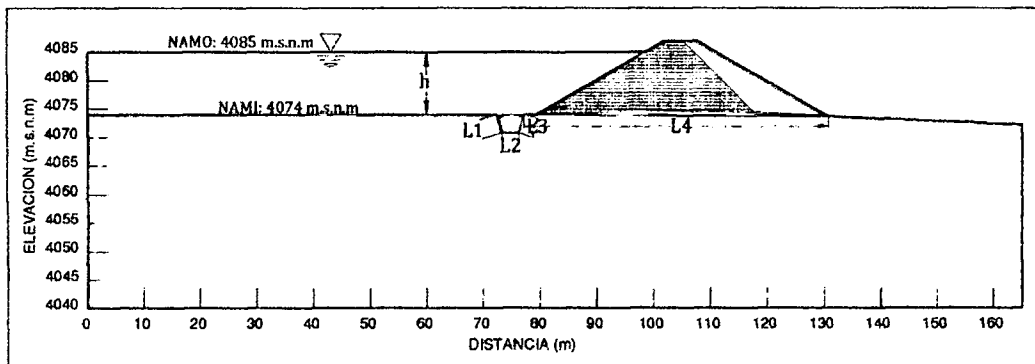


Figura 3.22: Análisis de Gradiente hidráulica en talud aguas abajo (0+050)

$$i = \frac{h_1 - h_2}{L} = \frac{\Delta h}{L_1 + L_2 + L_3} = \frac{h}{L}$$

c) Velocidad de filtración

Es la velocidad correspondiente a la velocidad de flujo en el medio poroso, por tanto definido por la Ley de Darcy, que en verdad no es otra cosa que la multiplicación del gradiente hidráulico por la conductividad hidráulica del material.

$$V = ik$$

IV. RESULTADOS

4.1 RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos son:

4.1.1.- RESULTADOS DE LA REDUCCION DEL GASTO DE FILTRACION

a) Evaluación del perfil estratigráfico P-01

Cuadro N° 4.1: Resultado de ensayo de permeabilidad tipo Lefranc antes de inyección

SONDEO	ENSAYO	TRAMO	PERMEABILIDAD
P-01	LF-01	3.50 – 4.00 m	4.993×10^{-4} cm/seg
P-01	LF-02	9.50 – 10.00	5.979×10^{-3} cm/seg
P-01	LF-03	14.70 – 15.00	8.820×10^{-3} cm/seg
P-01	LF-04	20.60 – 21.00	7.774×10^{-3} cm/seg
P-01	LF-05	24.60 – 25.00	7.904×10^{-3} cm/seg
P-01	LF-06	29.70 – 30.00	9.432×10^{-3} cm/seg

b) Evaluación del perfil estratigráfico P-02

Cuadro N° 4.2: Resultado de ensayo de permeabilidad tipo Lefranc antes de inyección

SONDEO	ENSAYO	TRAMO	PERMEABILIDAD
P-02	LF-01	4.50 – 5.00 m	1.77 x 10 ⁻² cm/seg
P-02	LF-02	10.50 – 11.00	2.071 x 10 ⁻² cm/seg
P-02	LF-03	14.50 – 15.00	1.317 x 10 ⁻² cm/seg
P-02	LF-04	19.50 – 20.00	2.548 x 10 ⁻³ cm/seg
P-02	LF-05	24.50 – 25.00	3.029 x 10 ⁻³ cm/seg
P-02	LF-06	29.50 – 30.00	3.069 x 10 ⁻³ cm/seg

c) Pantallas de Impermeabilización

En el cuadro N° 4.3 se tiene perforación total de 2208 ml, 5080 bolsas de cemento utilizada en la inyección de concreto, y por último se tiene en resguardo 133 cajas porta testigo.

Cuadro N° 4.3: Resultado de las muestras de perforación con diamantina

CUADRO DE RESUMEN DE INYECCION DE CONCRETO			
TIPO DE INYECCION	Nº DE TALADROS INYECTADOS	TOTAL(m)	BOLSAS DE CEMENTOS
PRIMARIO	65	1050	2315
SECUNDARIO	55	938	2238
TERCIARIO	13	220	527
TOTAL	133	2208	5080

d) Ensayo tipo Lefranc

- Ensayo Lefranc a nivel Constante

Se realizaron un total de 09 pruebas de permeabilidad Lefranc a nivel constante, cuyos cálculos se adjuntan en el siguiente cuadro N° 4.4

Cuadro N° 4.4: Permeabilidad carga constante

LINEA	PERMEABILIDAD (K)	GRADO DE (K)	UBICACION
Margen Derecha	9.109*E-04cm/s	Baja	NORTE: 8565118.578 ESTE: 595430.184 ALTURA: 4061.524
Margen Izquierda	1.414*E-03cm/s	Baja	NORTE: 8565118.578 ESTE: 595430.184 ALTURA: 4061.524
Pozo Verificación 1 Tramo 0.00-8.00m	3.604*E-05cm/s	Muy Baja	Entre los pozos primarios 17 y 18
Pozo Verificación 1 Tramo 8.00-15.00m	1.265*E-06cm/s	Muy Baja	Entre los pozos primarios 17 y 18
Pozo Verificación 1 Tramo 15.00-20.00m	6.388*E-07cm/s	Muy Baja	Entre los pozos primarios 17 y 18
Pozo Verificación 2 Tramo 0.00-5.00m	6.287*E-05cm/s	Muy Baja	Entre los pozos primarios 22 y 23
Pozo Verificación 2 Tramo 5.00-8.00m	3.642*E-06cm/s	Muy Baja	Entre los pozos primarios 22 y 23
Pozo Verificación 2 Tramo 8.00-15.00m	1.686*E-06cm/s	Muy Baja	Entre los pozos primarios 22 y 23
Pozo Verificación 2 Tramo 15.00-30.00m	7.377*E-07cm/s	Muy Baja	Entre los pozos primarios 22 y 23

Fuente: informe del servicio de perforación e inyección de mortero

- **Ensayo Lefranc Variable**

Se realizaron un total de 03 pruebas de permeabilidad lefranc variable, cuyos cálculos se adjuntan en el siguiente cuadro N° 4.5.

Cuadro N° 4.5: Permeabilidad variable

LINEA	PERMEABILIDAD (K)	GRADO DE (K)	UBICACION
Pozo Verificación 3 Tramo 0.00-5.00m	1.93*E-04cm/s	Baja	Entre los pozos primarios 43 y secundario32
Pozo Verificación 3 Tramo 5.00-10.00m	2.83*E-05cm/s	Baja	Entre los pozos primarios 43 y secundario32
Pozo Verificación 4 Tramo 0.00-20.00m	1.30*E-05cm/s	Baja	Entre los pozos primarios 60 y secundario50

e) Ensayo de Permeabilidad del Tipo Lugeon

Resultado del ensayo

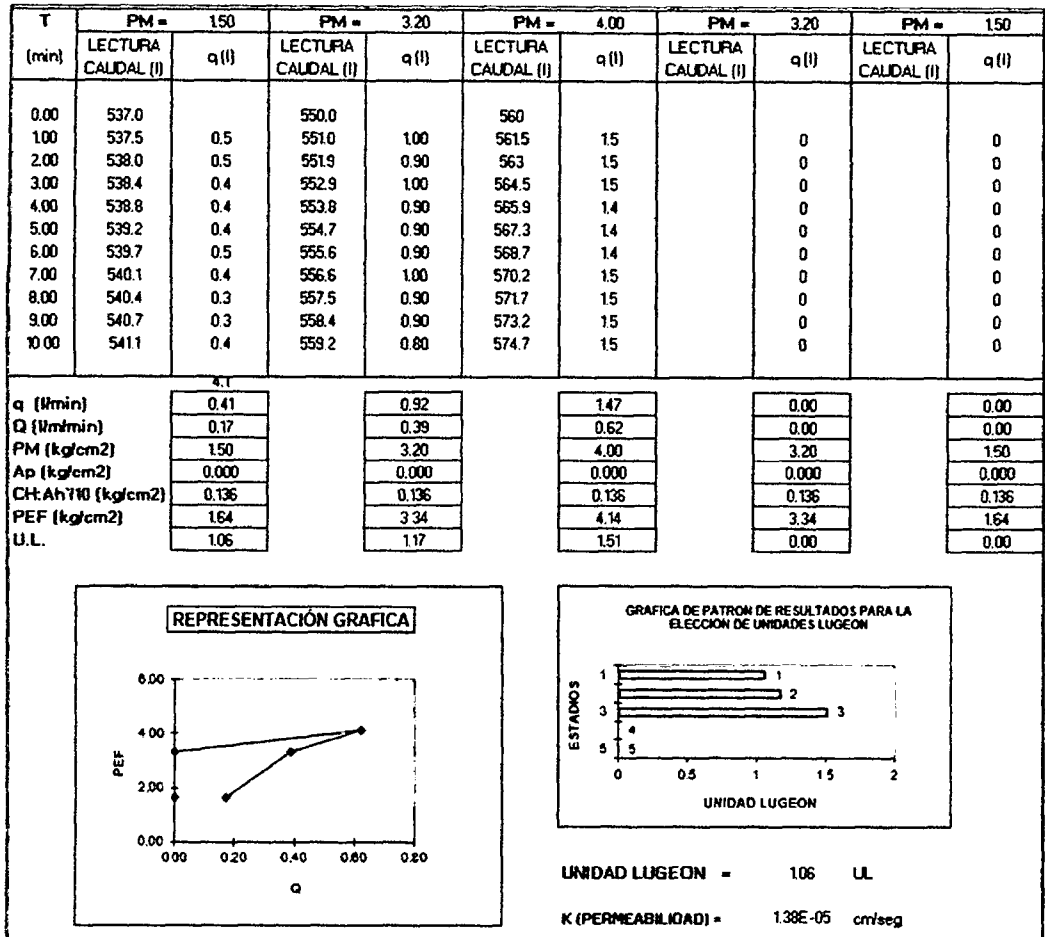


Figura 4.1: Ensayo de permeabilidad tipo Lugeon

Según el grafico de patrones Lugeon y la representación gráfica nos encontramos en el caso de un flujo tipo dilatación para el cual el valor Lugeon máximo ocurre en la presión máxima. En este tipo de flujo se toma como resultado el valor Lugeon ocurrido en la presión mínima, entonces para PM=1.5kg/cm² el valor Lugeon del ensayo es 1.06UL. y k=1.49E-05 cm/s

Del valor Lugeon 1.06 UL nos encontramos en un material prácticamente impermeable y de condiciones favorables (tabla 3-1)

• Ensayo con valores de caudal "Q" efectivo

Resultado del ensayo

T (min)	PM = 1.50		PM = 3.20		PM = 4.00		PM = 3.20		PM = 1.50	
	LECTURA CAUDAL (l)	q (l)	LECTURA CAUDAL (l)	q (l)	LECTURA CAUDAL (l)	q (l)	LECTURA CAUDAL (l)	q (l)	LECTURA CAUDAL (l)	q (l)
0.00	537.0		550.0		560					
1.00	537.5	0.5	551.0	1.00	561.5	1.5		0		0
2.00	538.0	0.5	551.9	0.90	563	1.5		0		0
3.00	538.4	0.4	552.9	1.00	564.5	1.5		0		0
4.00	538.8	0.4	553.8	0.90	565.9	1.4		0		0
5.00	539.2	0.4	554.7	0.90	567.3	1.4		0		0
6.00	539.7	0.5	555.6	0.90	568.7	1.4		0		0
7.00	540.1	0.4	556.6	1.00	570.2	1.5		0		0
8.00	540.4	0.3	557.5	0.90	571.7	1.5		0		0
9.00	540.7	0.3	558.4	0.90	573.2	1.5		0		0
10.00	541.1	0.4	559.2	0.80	574.7	1.5		0		0

	4.1				
q (l/min)	0.41		0.92		1.47
q Externo	0.18		0.18		0.18
q Ensayo Lefranco	0.35		0.35		0.35
q evacuado	0.83		1.10		1.32
q efectivo	0.11		0.35		0.68
Q (l/min)	0.05		0.15		0.29
PM (kg/cm ²)	1.50		3.20		4.00
Ap (kg/cm ²)	0.000		0.000		0.000
CH:Ah ¹¹⁰ (kg/cm ²)	0.136		0.136		0.136
PEF (kg/cm ²)	1.64		3.34		4.14
U.L.	0.28		0.44		0.70

REPRESENTACIÓN GRAFICA

GRAFICA DE PATRON DE RESULTADOS PARA LA ELECCION DE UNIDADES LUGEON

UNIDAD LUGEON = 0.28 UL
K (PERMEABILIDAD) = 3.64E-06 cm/seg

Figura 4.2: Ensayo de permeabilidad tipo Lugeon

Según el grafico de patrones Lugeon y la representación gráfica nos encontramos en el caso de un flujo tipo dilatación para el cual el valor Lugeon máximo ocurre en la presión máxima. En este tipo de flujo se toma como resultado el valor Lugeon ocurrido en la presión mínima, entonces para PM= 1.5kg/cm² el valor Lugeon del ensayo es 0.28UL. y 3.64E-06 cm/s

Del valor Lugeon 0.28UL nos encontramos en un material muy impermeable y de condiciones muy favorables (tabla 3-1)

4.1.2.- RESULTADO DE MODELACION EN SEEP/W.

Se mostrara el resultado de la modelación en SEEP/W de las 4 secciones transversales representativas de la presa.

Condiciones de Borde.

Las condiciones para esta presa tomando en cuenta la geometría establecida es:

Condición aguas arriba: se condiciona la altura piezométrica que es igual a la altura de cota + altura de presión es decir 4074+11, 4064+21, 4060+25 y 4066+19 m. en las progresivas 0+050, 0+100, 0+150 y 0+240 respectivamente.

Condición aguas abajo: la altura de presión aguas abajo es igual a 0m, por lo que se ha puesto como condición de frontera la presión atmosférica.

El programa SEEP/W determina la posición de la línea de corriente superior, el caudal de filtración por metro lineal a través de la presa y de los estratos permeables del cimiento (aluvión y macizo rocoso), así como otros parámetros importantes: velocidades, presiones y gradientes, a través de la técnica de elementos finitos.

A continuación se detallan los casos analizados de acuerdo a las cuatro variantes propuestas y se muestran los resultados del gasto de filtración por metro lineal de estructura, utilizando el programa SEEP/W.

Alturas piezométricas y líneas equipotenciales.

En las figuras 4.3, 4.4, 4.11, 4.12, 4.19, 4.20, 4.27 y 4.28 la escala de colores indica la altura piezométrica h en cualquier punto del dominio, las líneas negras son líneas equipotenciales.

Altura de presiones.

En las figuras 4.5, 4.6, 4.13, 4.14, 4.21, 4.22, 4.28 y 4.29 la escala de colores indica la altura de presiones en el dominio y las líneas negras el límite entre ellas.

Estas graficas representan la solución de:

$$P = \mu_{\omega} = \gamma(h - z)$$

Líneas de corriente y velocidad del flujo

En las figuras 4.7, 4.8, 4.15, 4.16, 4.23, 4.24, 4.31 y 4.32 la escala de colores indica la magnitud de las velocidades en el dominio, las flechas de color azul indican la trayectoria del flujo o líneas de corriente y el tamaño la diferencia de velocidades del flujo, cada flecha está asignado a un elemento de las mallas como velocidad promedio en él.

Gradiente hidráulica

En las figuras 4.9, 4.10, 4.17, 4.18, 4.25, 4.26, 4.33 y 4.34 la escala de colores indica la magnitud de las gradientes hidráulicas en el dominio.

Simulaciones:

Progresiva: 0+050

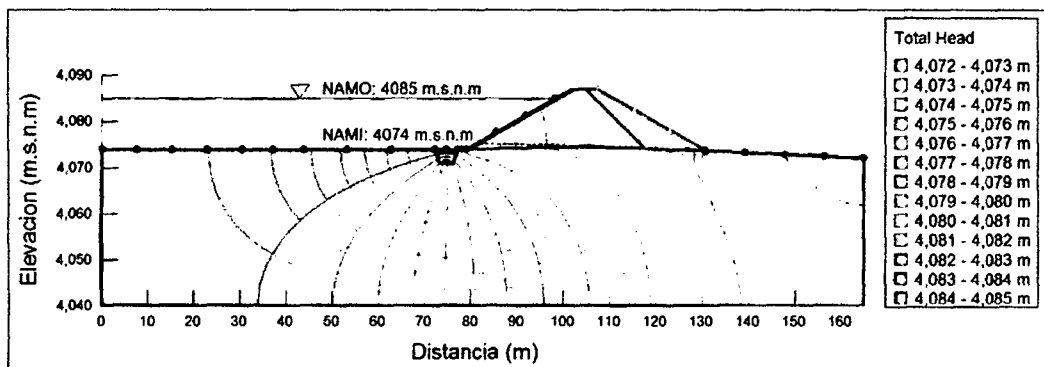


Figura 4.3: Alturas piezométricas con dentellón de arcilla (0+050)

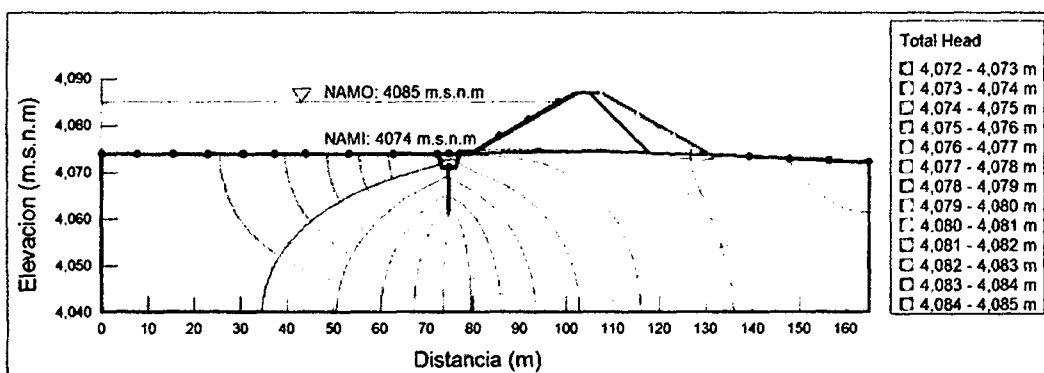


Figura 4.4: Alturas piezométricas con inyección (0+050)

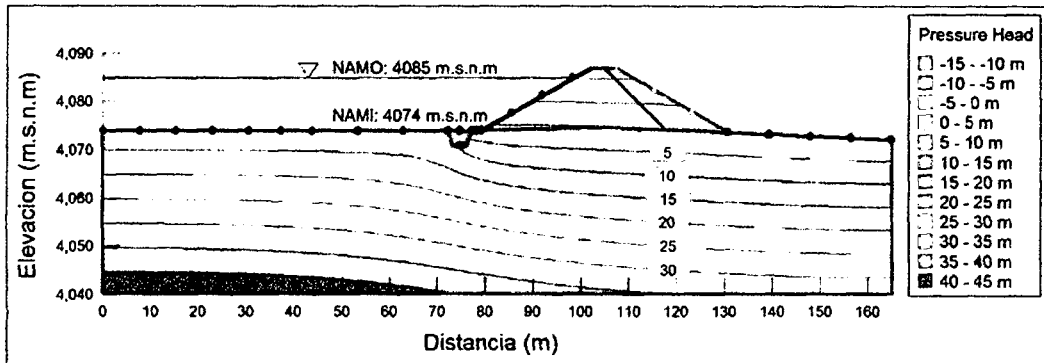


Figura 4.5: Altura de presiones con dentellón de arcilla (0+050)

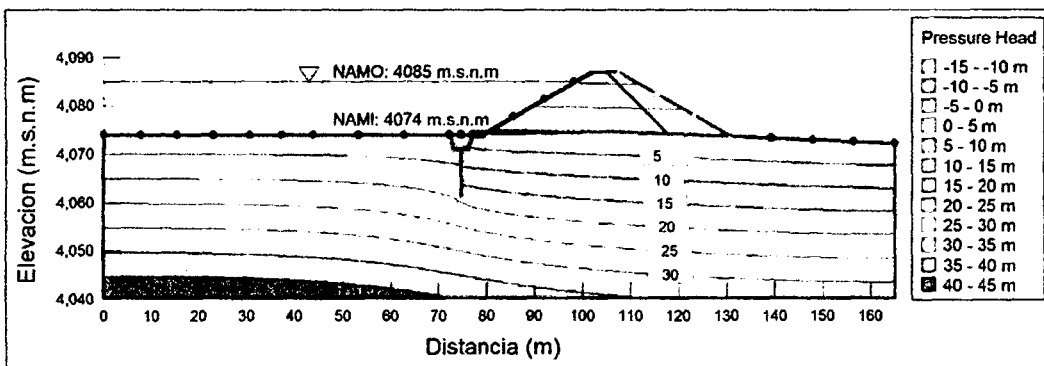


Figura 4.6: Altura de presiones con inyección (0+050)

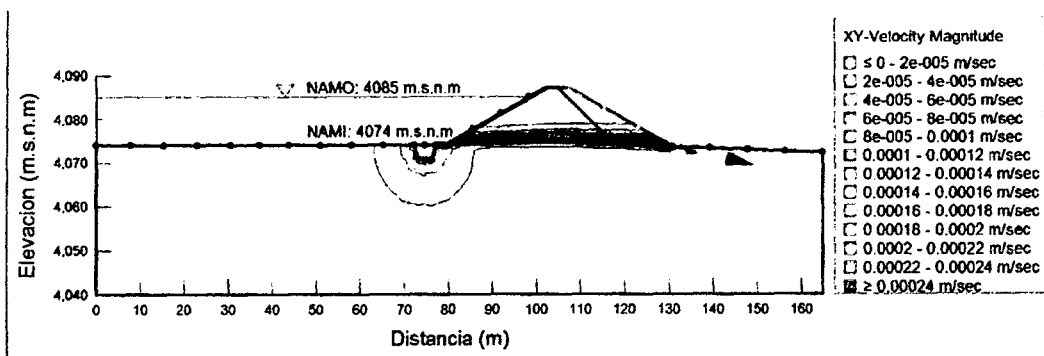


Figura 4.7: Velocidad de flujo con dentellón de arcilla (0+050)

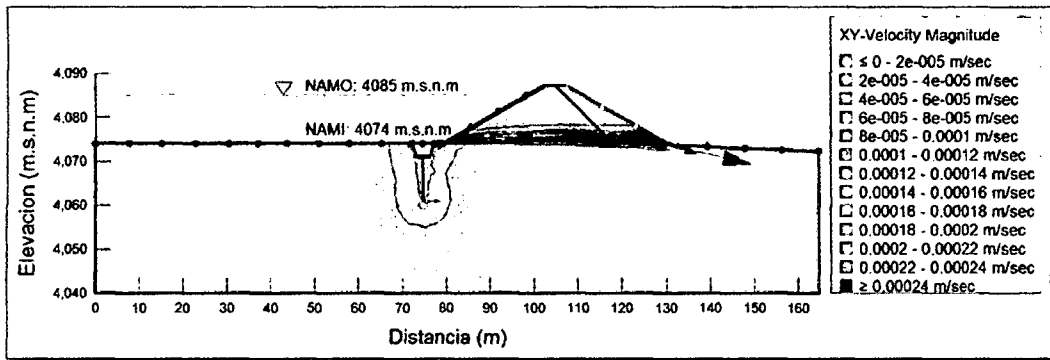


Figura 4.8: Velocidad de flujo con inyección (0+050)

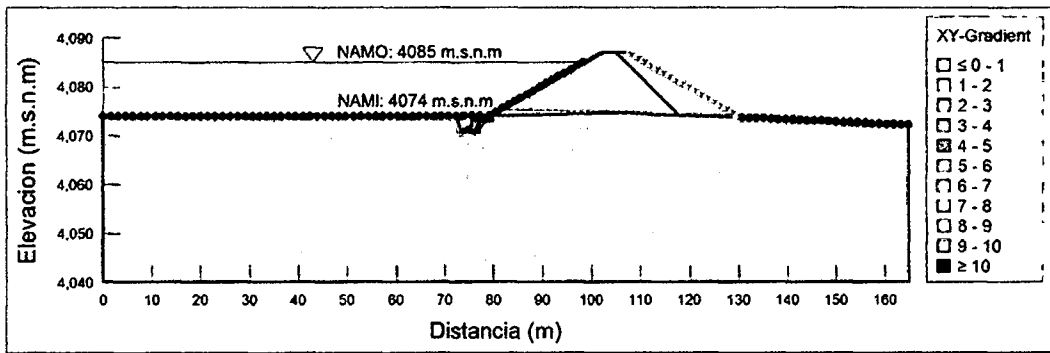


Figura 4.9: Magnitud de gradiente hidráulica con dentellón de arcilla (0+050)

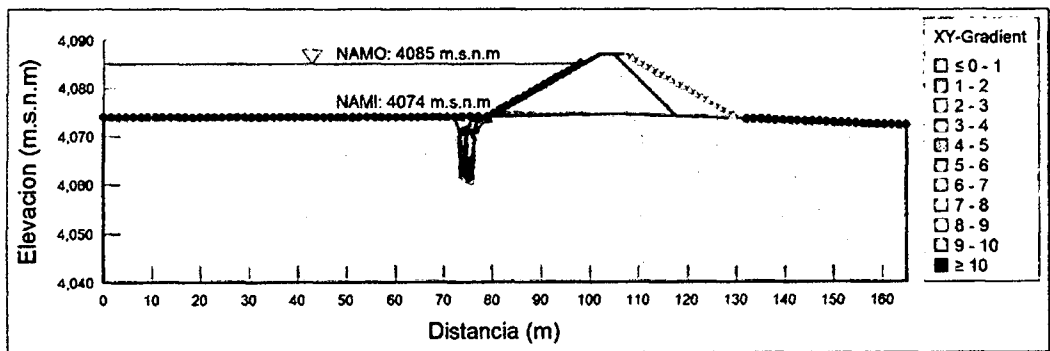


Figura 4.10: Magnitud de gradiente hidráulica con inyección (0+050)

Progresiva: 0+100

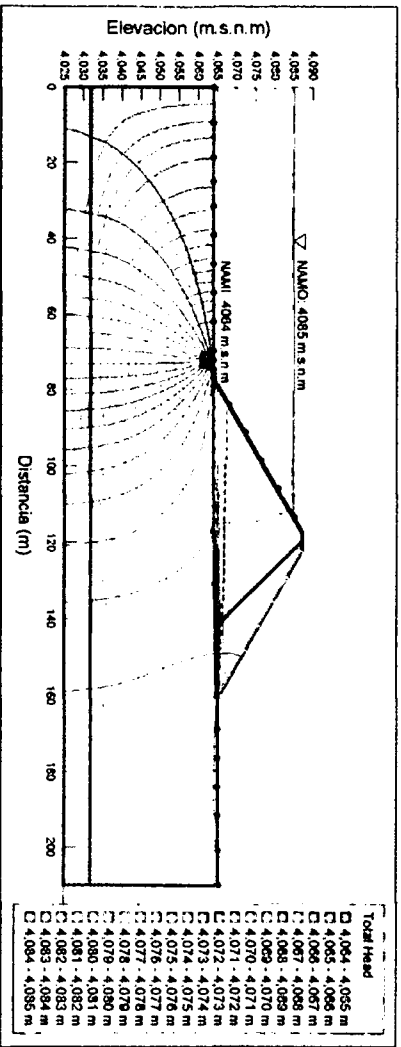


Figura 4. 11: Alturas piezométricas con dentellón de arcilla (0+100)

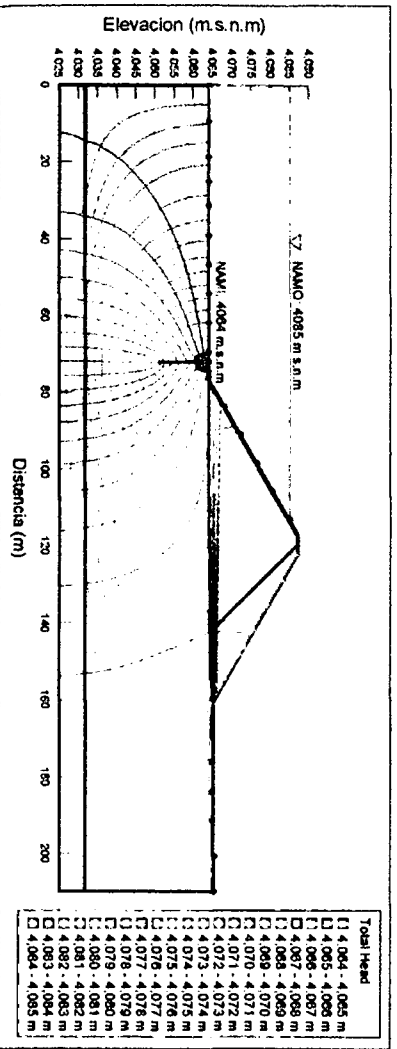


Figura 4. 12: Alturas piezométricas con inyección (0+100)

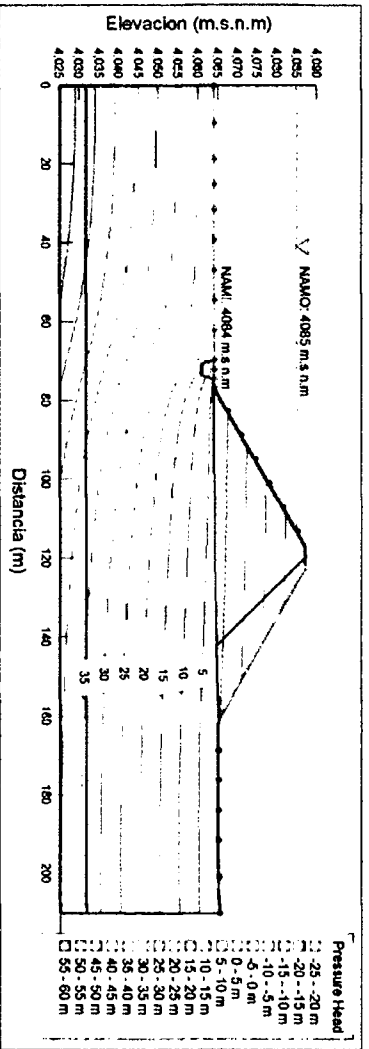


Figura 4. 13: Altura de presiones con dentellón de arcilla (0+100)

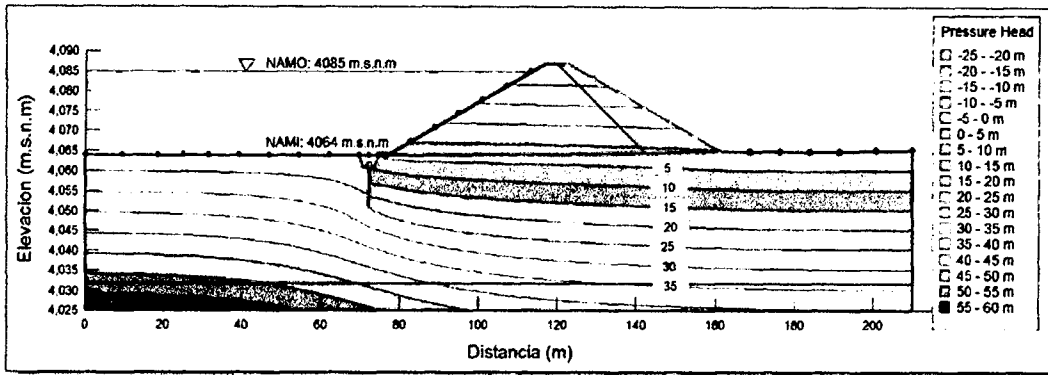


Figura 4.14: Altura de presiones con inyección (0+100)

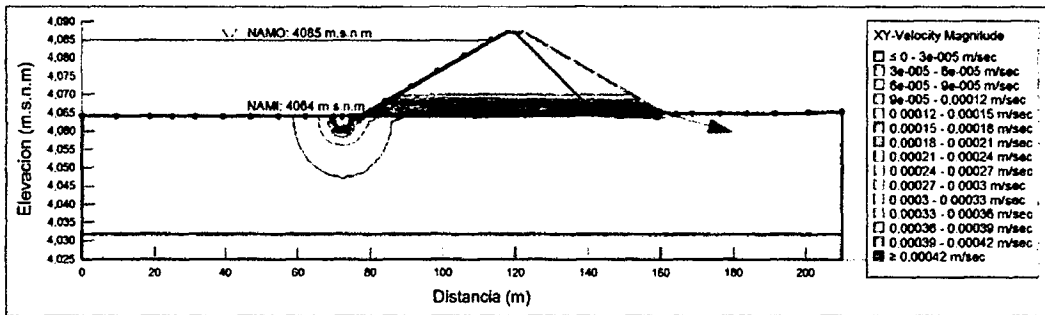


Figura 4.15: Velocidad de flujo con dentellón de arcilla (0+100)

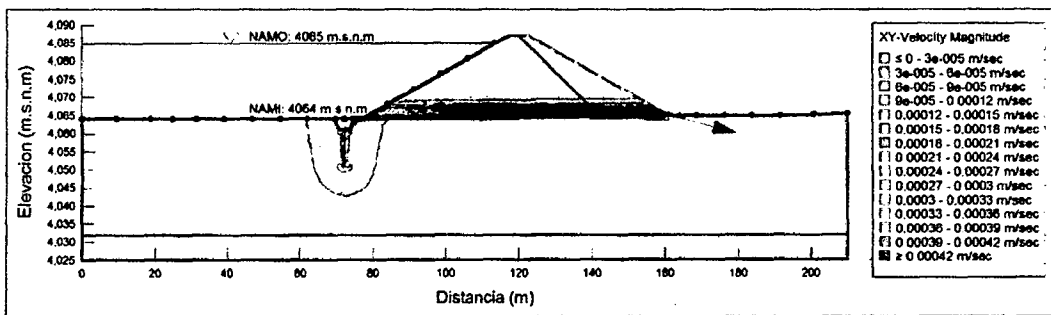


Figura 4.16: Velocidad de flujo con inyección (0+100)

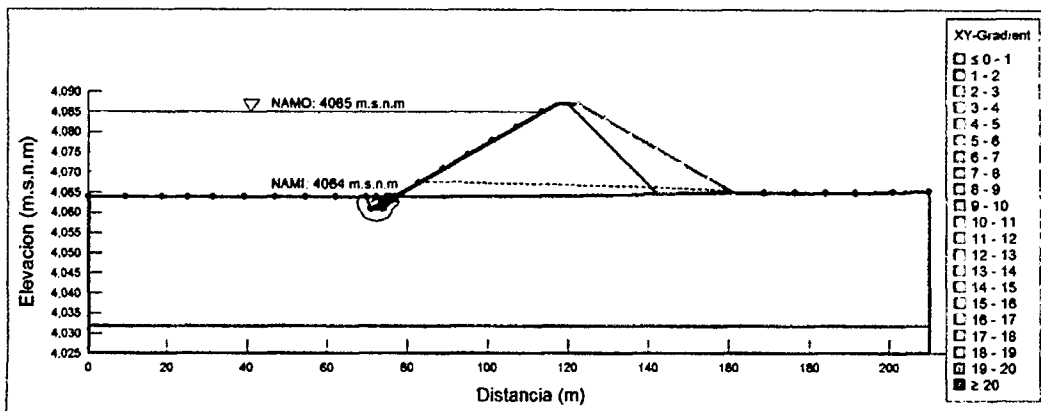


Figura 4.17: Magnitud de gradiente hidráulica con dentellón de arcilla (0+100)

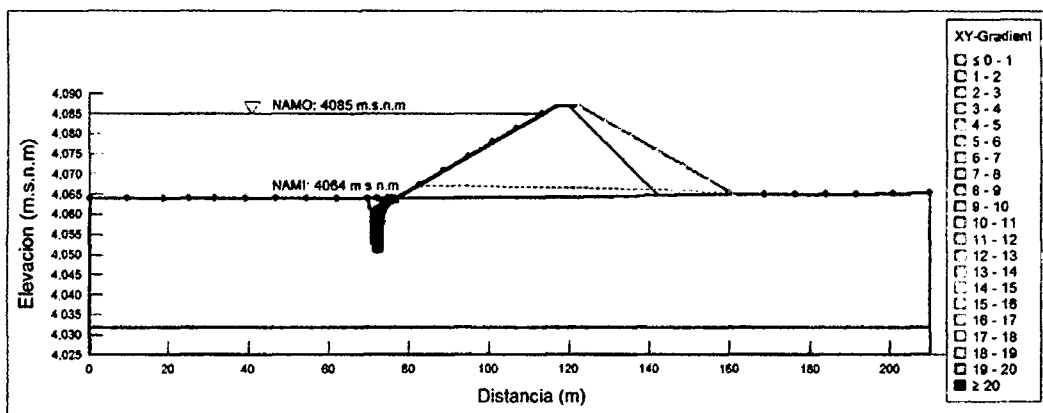


Figura 4.18: Magnitud de gradiente hidráulica con inyección (0+100)

Progresiva: 0+150

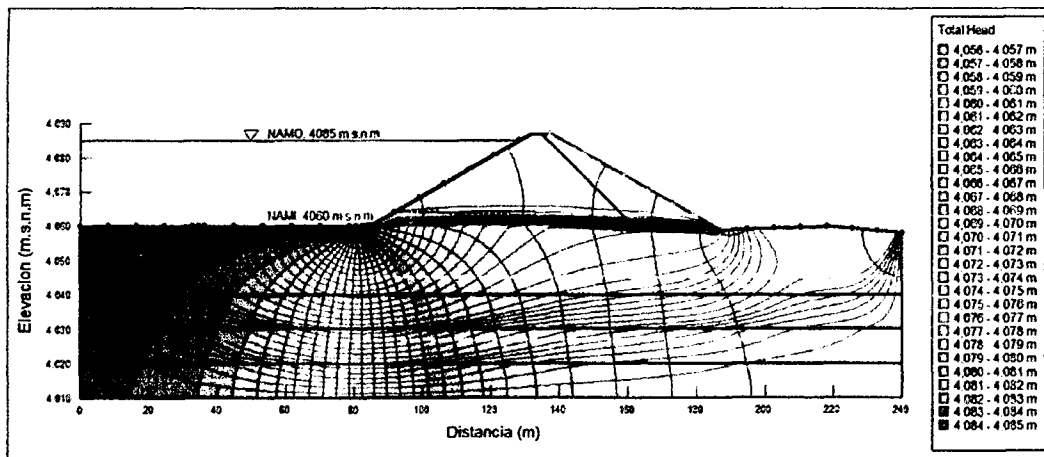


Figura 4.19: Alturas piezométricas con dentellón de arcilla (0+150)

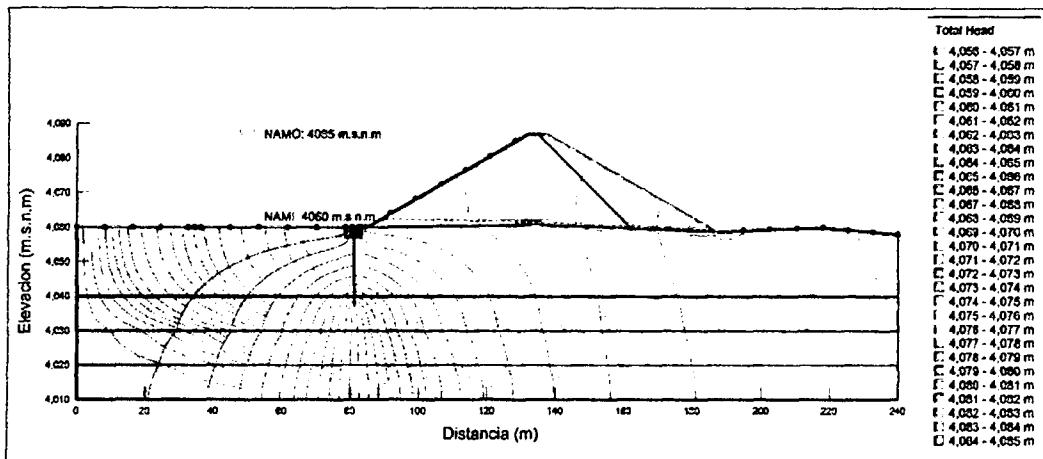


Figura 4.20: Alturas piezométricas con inyección (0+150)

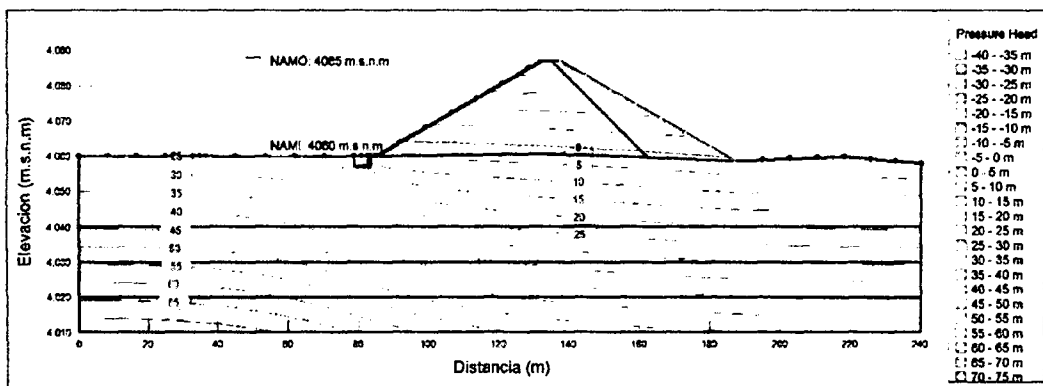


Figura 4.21: Altura de presiones con dentellón de arcilla (0+150)

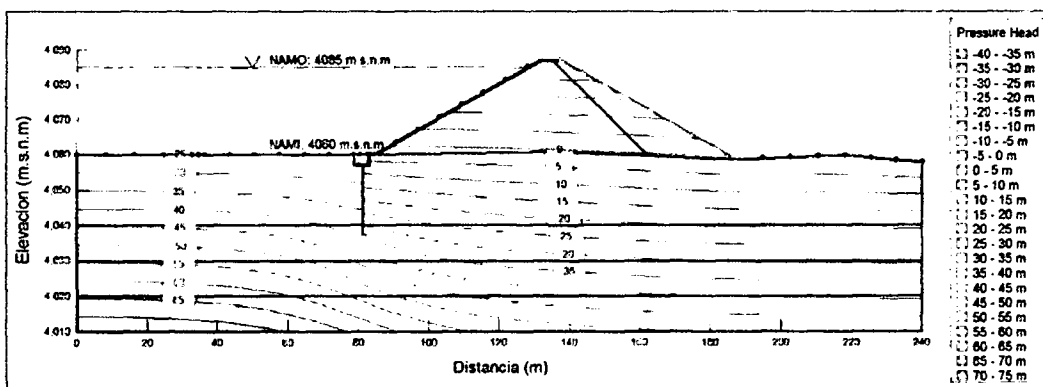


Figura 4.22: Altura de presiones con inyección (0+150)

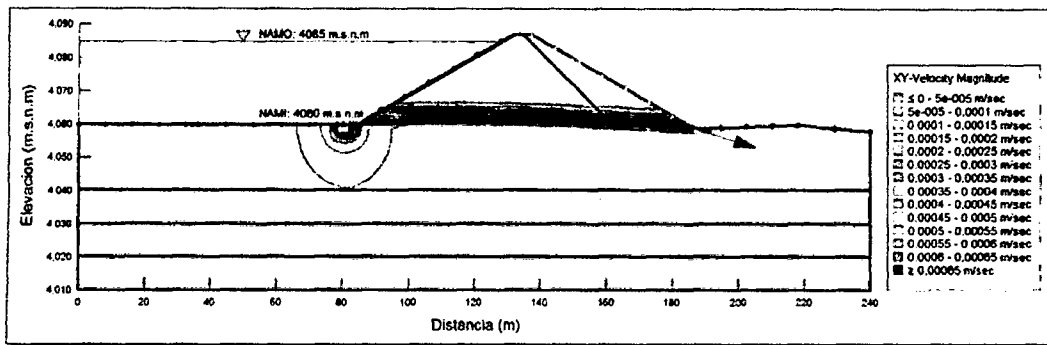


Figura 4.23: Velocidad de flujo con dentellón de arcilla (0+150)

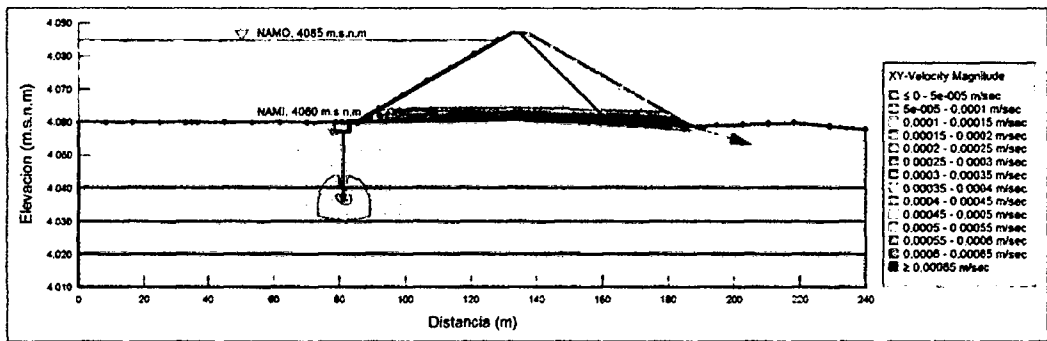


Figura 4.24: Velocidad de flujo con inyección (0+150)

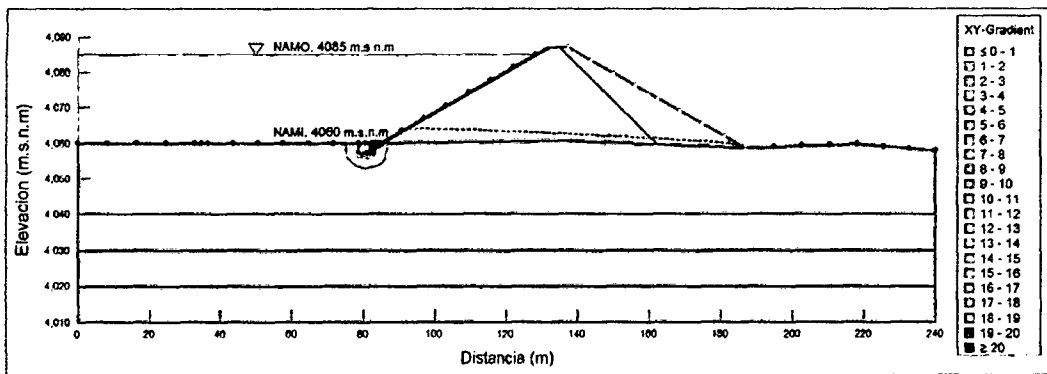


Figura 4.25: Magnitud de gradiente hidráulica con dentellón de arcilla (0+150)

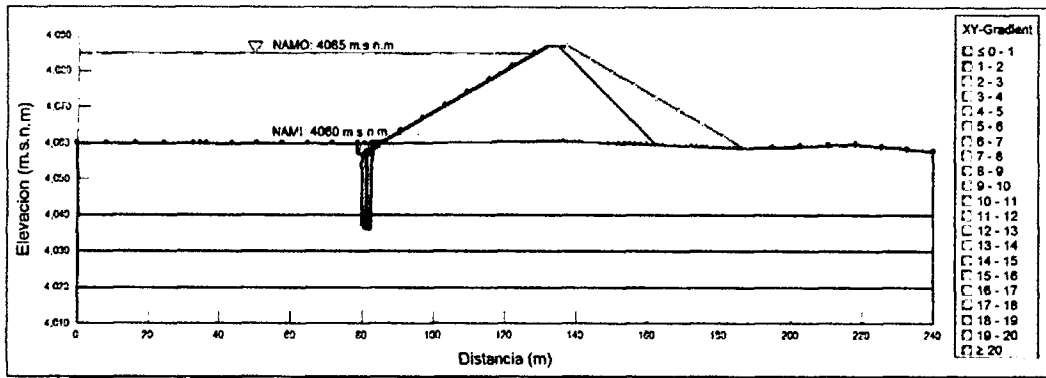


Figura 4.26: Magnitud de gradiente hidráulica con inyección (0+150)

Progresiva: 0+240

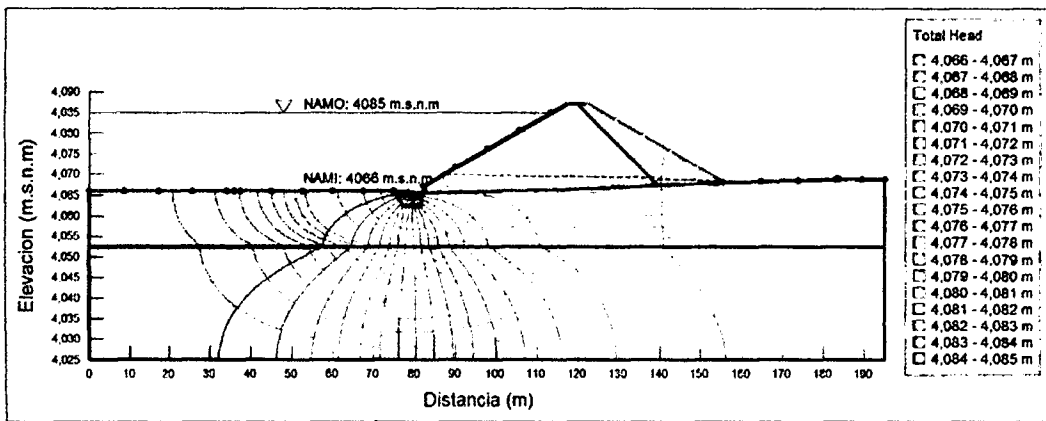


Figura 4.27: Alturas piezométricas con dentellón de arcilla (0+240)

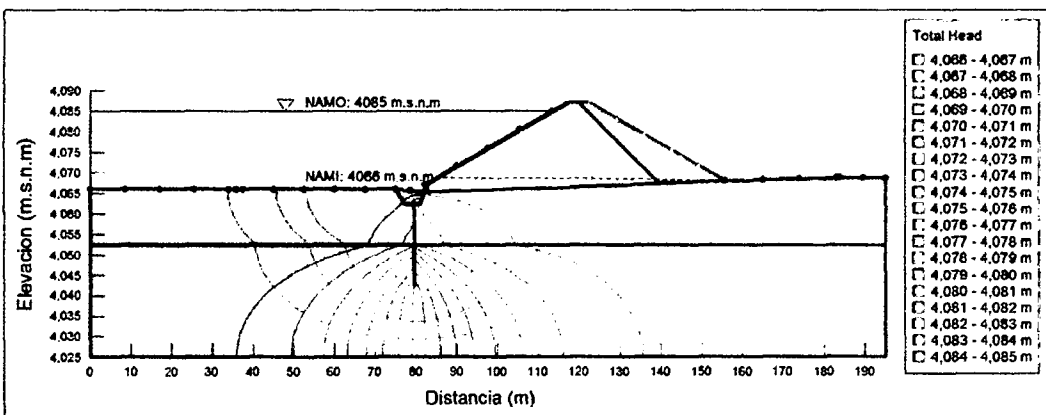


Figura 4.28: Alturas piezométricas con inyección (0+240)

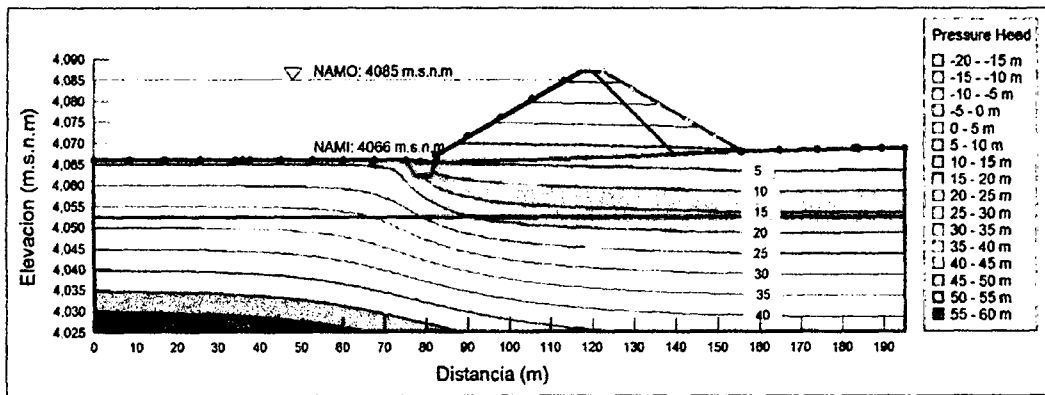


Figura 4.29: Altura de presiones con dentellón de arcilla (0+240)

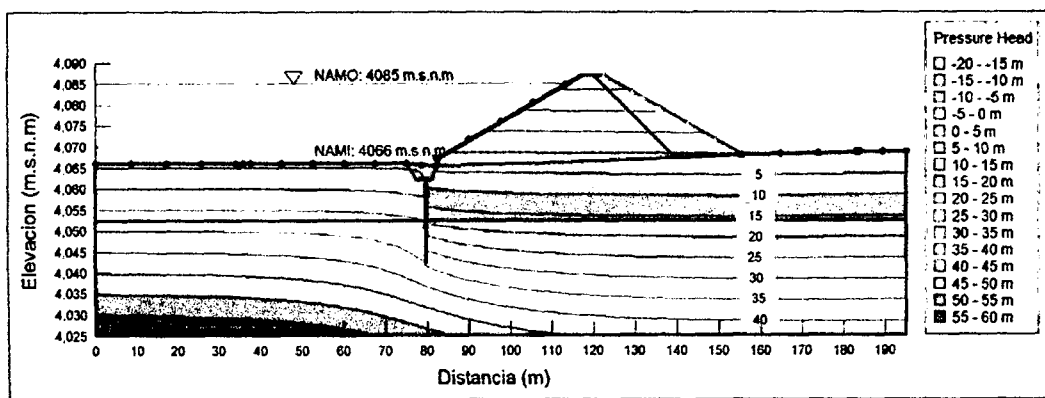


Figura 4.30: Altura de presiones con inyección (0+240)

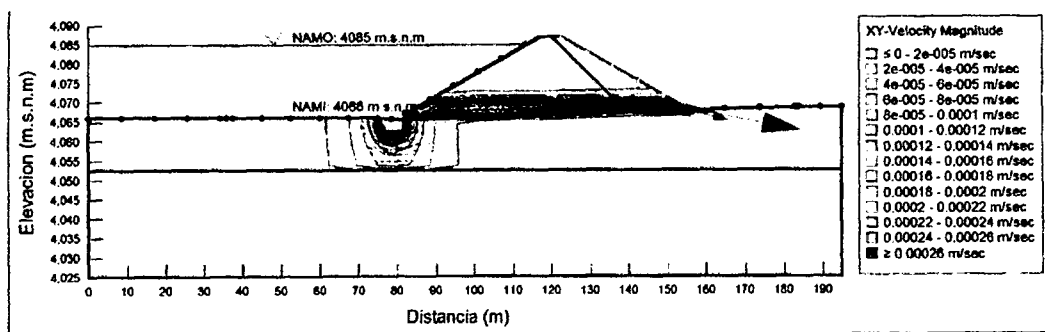


Figura 4.31: Velocidad de flujo con dentellón de arcilla (0+240)

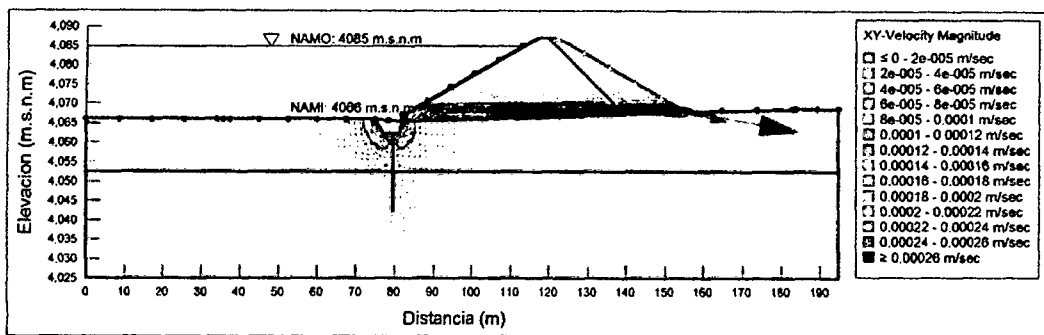


Figura 4.32: Velocidad de flujo con inyección (0+240)

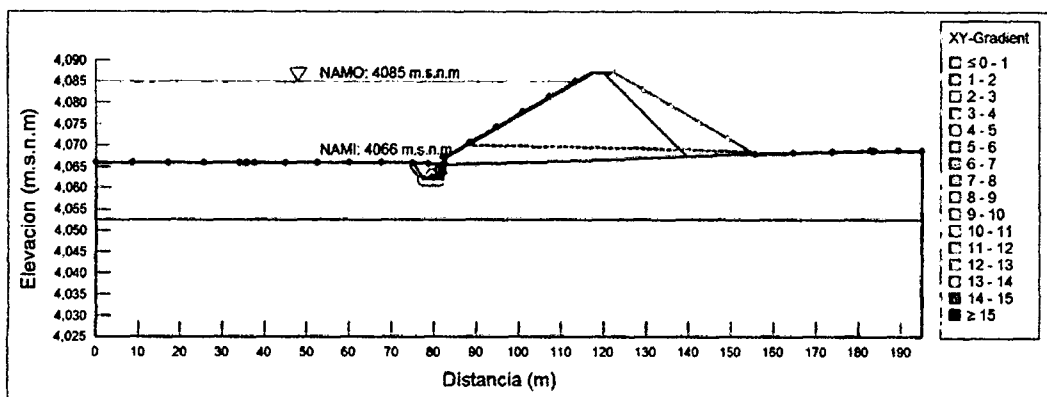


Figura 4.33: Magnitud de gradiente hidráulica con dentellón de arcilla (0+240)

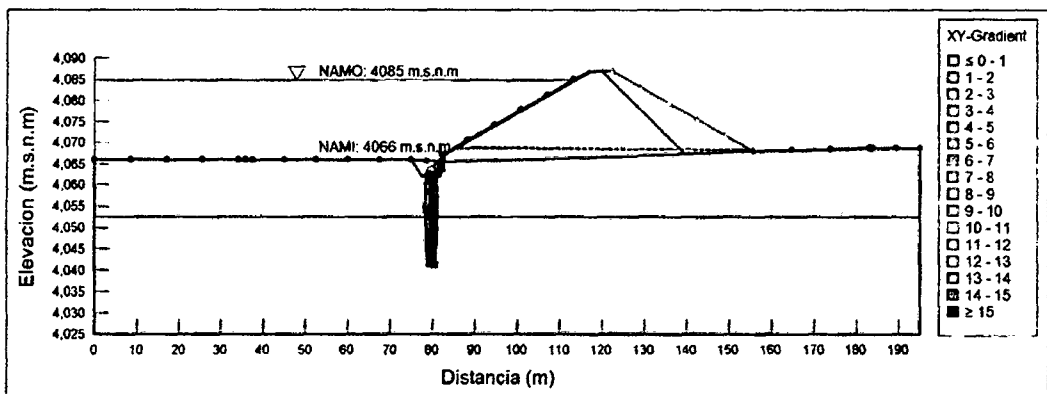


Figura 4.34: Magnitud de gradiente hidráulica con inyección (0+240)

4.1.3.- RESULTADO DE ANÁLISIS DEL GASTO CON LAS DIFERENTES MEDIDAS CONTRA FILTRACIONES EN LA CIMENTACION DE LA PRESA

Para el cálculo del caudal de filtración que se producirá en la cimentación de la presa, se utiliza los caudales registrados por metro lineal al pie del talud aguas abajo para cada caso, así mismo para poder determinar la longitud de recorrido de las filtraciones se utiliza la longitud registrada que las líneas de flujo realizan hasta el punto de análisis. A continuación se muestran los resultados obtenidos:

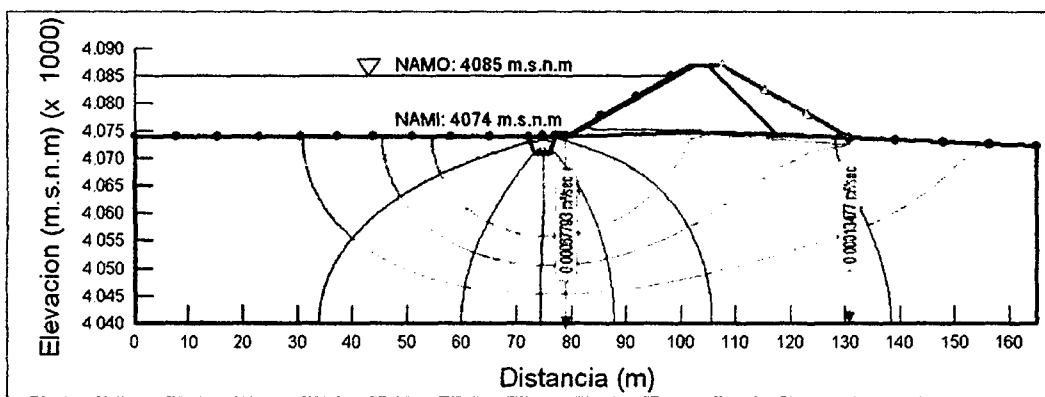


Figura 4.35: Caudales aguas arriba y abajo con dentellón de arcilla (0+050)

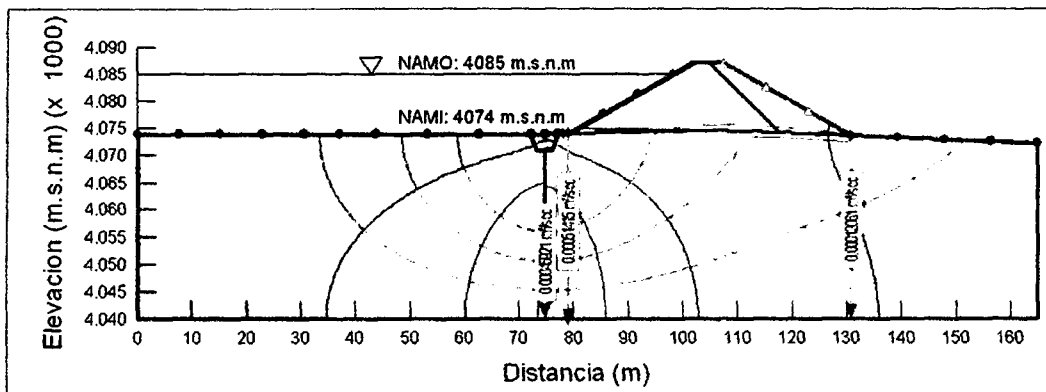


Figura 4.36: Caudales bajo y después de la inyección y aguas abajo (0+050)

Cuadro N° 4.6

CALCULO DE FILTRACION SIN TRATAMIENTO (PERFIL: 0+50-M. IZQUIERDA)

Condiciones	Caudal Estimado	Ancho de Recorrido	Caudal de Perdida Bajo la Presa		Caudal de Perdida Anual	
			m ³ /seg	lt/seg	m ³ /año	MMC
Unidades	m ³ /seg/m	m	m ³ /seg	lt/seg	m ³ /año	MMC
Aguas Arriba	0.00067796	55	0.0372878	37.2878	1175908.061	1.17590806
Aguas Abajo	0.00013477	55	0.00741235	7.41235	233755.8696	0.23375587
		Total	0.04470015	44.70015	1409663.93	1.40966393

Cuadro N° 4.7

CALCULO DE FILTRACION CON TRATAMIENTO (PERFIL: 0+50-M. IZQUIERDA)

Condiciones	Caudal Estimado	Ancho de Recorrido	Caudal de Perdida Bajo la Presa		Caudal de Perdida Anual	
			m ³ /seg	lt/seg	m ³ /año	MMC
Unidades	m ³ /seg/m	m	m ³ /seg	lt/seg	m ³ /año	MMC
Bajo la Inyeccion	0.00045921	55	0.02525655	25.25655	796490.5608	0.79649056
Despues de la Inyeccion	0.00051415	55	0.02827825	28.27825	891782.892	0.89178289
Aguas Abajo	0.00012061	55	0.00663355	6.63355	209195.6328	0.20919563
		Total	0.06016835	60.16835	1897469.086	1.89746909

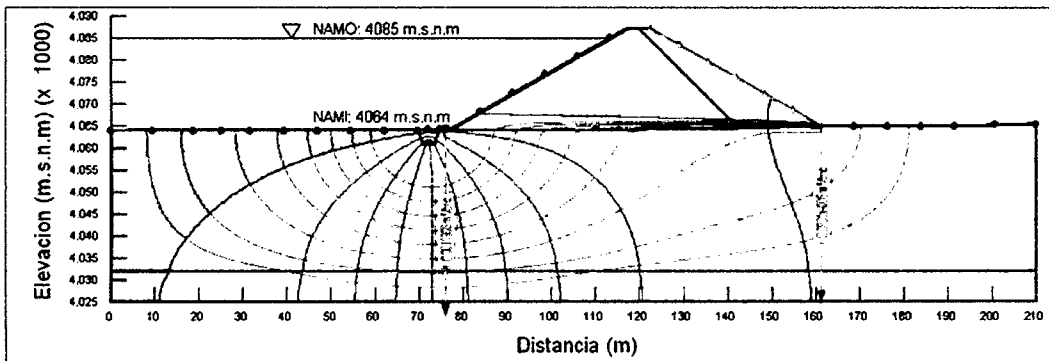


Figura 4.37: Caudales aguas arriba y abajo con dentellón de arcilla (0+100)

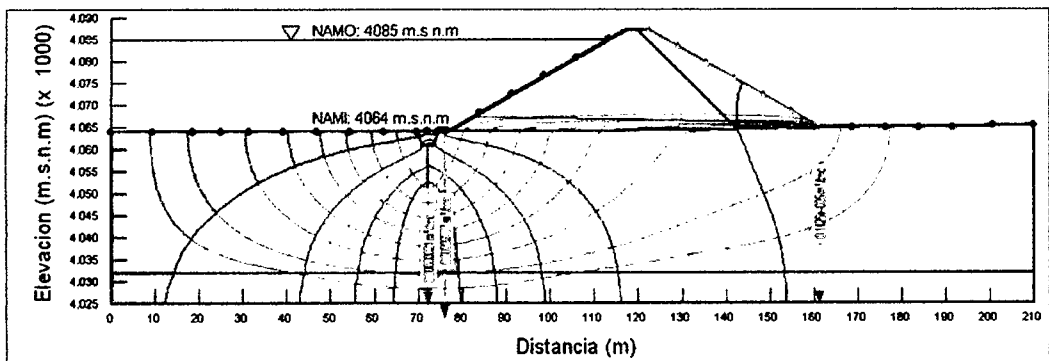


Figura 4.38: Caudales bajo y después de la inyección y aguas abajo (0+100)

Cuadro N° 4.8

CALCULO DE FILTRACION SIN TRATAMIENTO (PERFIL: 0+100-M. IZQUIERDA)

Condiciones	Caudal Estimado	Ancho de Recorrido	Caudal de Perdida Bajo la Presa		Caudal de Perdida Anual	
			m ³ /seg	lt/seg	m ³ /año	MMC
Unidades	m ³ /seg/m	m	m ³ /seg	lt/seg	m ³ /año	MMC
Aguas Arriba	0.0011956	65	0.077714	77.714	2450788.704	2.4507887
Aguas Abajo	0.000098901	65	0.006428565	6.428565	202731.2258	0.20273123
		Total	0.084142565	84.142565	2653519.93	2.65351993

Cuadro N° 4.9

CALCULO DE FILTRACION CON TRATAMIENTO (PERFIL: 0+100-M. IZQUIERDA)

Condiciones	Caudal Estimado	Ancho de Recorrido	Caudal de Perdida Bajo la Presa		Caudal de Perdida Anual	
			m ³ /seg	lt/seg	m ³ /año	MMC
Unidades	m ³ /seg/m	m	m ³ /seg	lt/seg	m ³ /año	MMC
Bajo la Inyeccion	0.00080021	65	0.05201365	52.01365	1640302.466	1.64030247
Despues de la Inyeccion	0.00092377	65	0.06004505	60.04505	1893580.697	1.8935807
Aguas Abajo	0.000081426	65	0.00529269	5.29269	166910.2718	0.16691027
		Total	0.11735139	117.35139	3700793.435	3.70079344

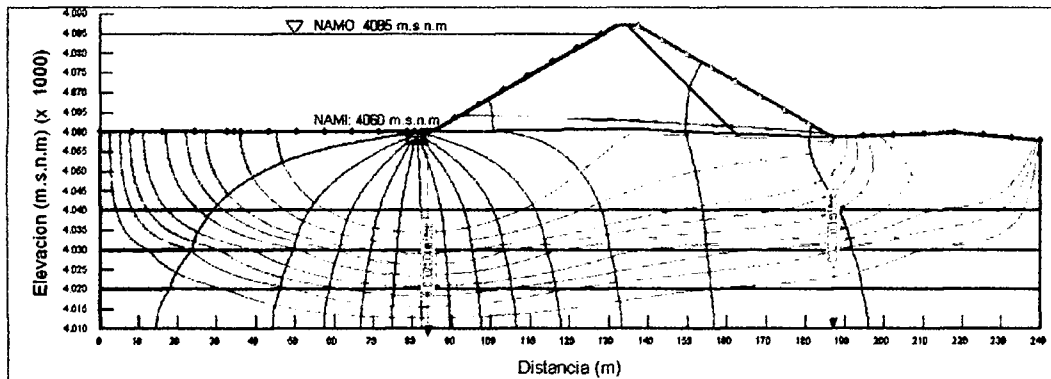


Figura 4.39: Caudales aguas arriba y abajo con dentellón de arcilla (0+150)

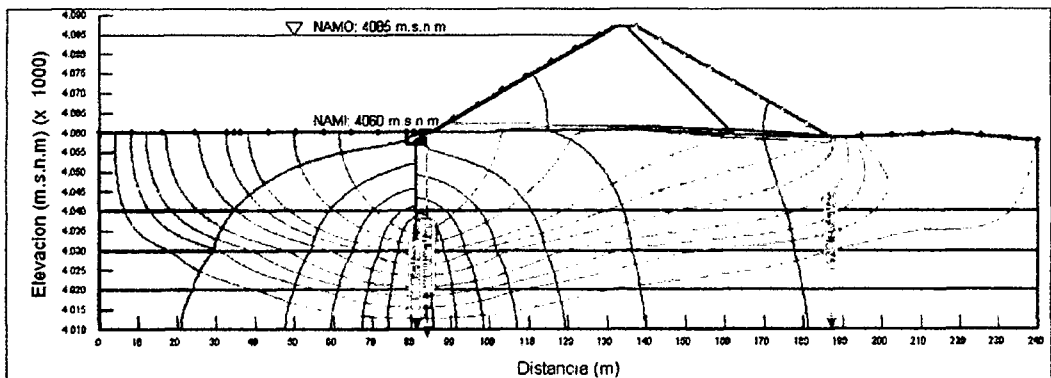


Figura 4.40: Caudales bajo y después de la inyección y aguas abajo (0+150)

Cuadro N° 4.10

CALCULO DE FILTRACION SIN TRATAMIENTO (PERFIL: 0+150-CAUCE)

Condiciones	Caudal Estimado	Ancho de Recorrido	Caudal de Perdida Bajo la Presa		Caudal de Perdida Anual	
			m3/seg	lt/seg	m3/año	MMC
Unidades	m3/seg/m	m	m3/seg	lt/seg	m3/año	MMC
Aguas Arriba	0.0021084	90	0.189756	189.756	5984145.216	5.98414522
Aguas Abajo	0.00018031	90	0.0162279	16.2279	511763.0544	0.51176305
		Total	0.2059839	205.9839	6495908.27	6.49590827

Cuadro N° 4.11

CALCULO DE FILTRACION CON TRATAMIENTO (PERFIL: 0+150-CAUCE)

Condiciones	Caudal Estimado	Ancho de Recorrido	Caudal de Perdida Bajo la Presa		Caudal de Perdida Anual	
			m3/seg	lt/seg	m3/año	MMC
Unidades	m3/seg/m	m	m3/seg	lt/seg	m3/año	MMC
Bajo la Inyeccion	0.0010106	90	0.090954	90.954	2868325.344	2.86832534
Despues de la Inyeccion	0.0011069	90	0.099621	99.621	3141647.856	3.14164786
Aguas Abajo	0.000092984	90	0.00836856	8.36856	263910.9082	0.26391091
		Total	0.19894356	198.94356	6273884.108	6.27388411

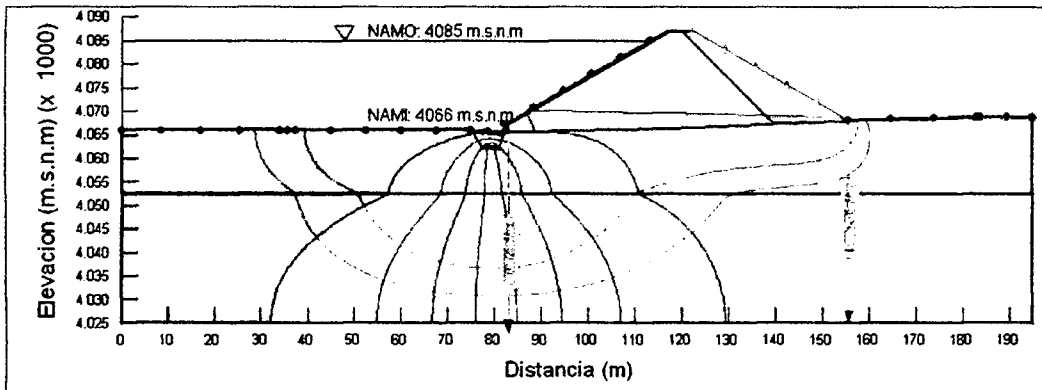


Figura 4.41: Caudales aguas arriba y abajo con dentellón de arcilla (0+240)

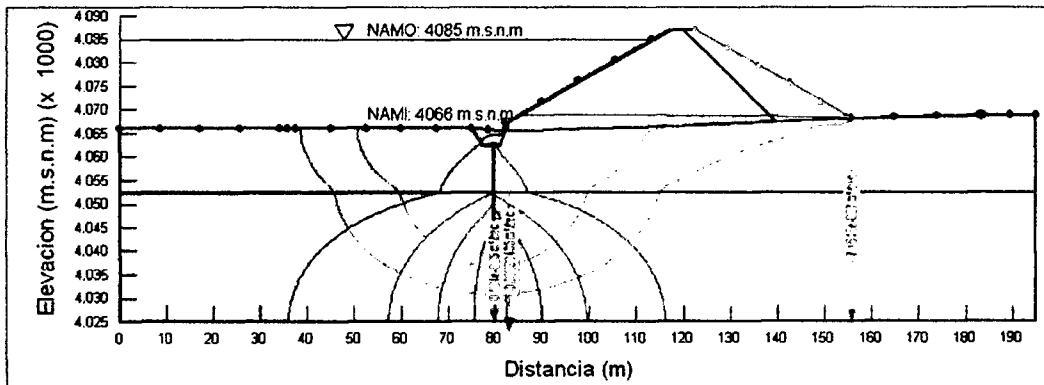


Figura 4.42: Caudales bajo y después de la inyección y aguas abajo (0+240)

Cuadro N° 4.12

CALCULO DE FILTRACION SIN TRATAMIENTO (PERFIL: 0+240-M. IZQUIERDA)

Condiciones	Caudal Estimado	Ancho de Recorrido	Caudal de Perdida Bajo la Presa		Caudal de Perdida Anual	
			m3/seg	lt/seg	m3/año	MMC
Unidades	m3/seg/m	m	m3/seg	lt/seg	m3/año	MMC
Aguas Arriba	0.0009725	55	0.0534875	53.4875	1686781.8	1.6867818
Aguas Abajo	0.000044987	55	0.002474285	2.474285	78029.05176	0.07802905
		Total	0.055961785	55.961785	1764810.852	1.76481085

Cuadro N° 4.13

CALCULO DE FILTRACION CON TRATAMIENTO (PERFIL: 0+240-M. IZQUIERDA)

Condiciones	Caudal Estimado	Ancho de Recorrido	Caudal de Perdida Bajo la Presa		Caudal de Perdida Anual	
			m3/seg	lt/seg	m3/año	MMC
Unidades	m3/seg/m	m	m3/seg	lt/seg	m3/año	MMC
Bajo la Inyeccion	0.00008184	55	0.0045012	4.5012	141949.8432	0.14194984
Despues de la Inyeccion	0.00030435	55	0.01673925	16.73925	527888.988	0.52788899
Aguas Abajo	7.4616E-07	55	4.10388E-05	0.0410388	1294.199597	0.0012942
		Total	0.021281489	21.2814888	671133.0308	0.67113303

RESULTADOS

Cuadro N° 4.14

CALCULO DE FILTRACIONES SIN TRATAMIENTO

Condiciones	Caudal de Perdida Bajo la Presa		Caudal de Perdida Anual	
	m3/seg	lt/seg	m3/año	MMC
Unidades	m3/seg	lt/seg	m3/año	MMC
Aguas Arriba	0.3582453	358.2453	11297623.8	11.2976238
Aguas Abajo	0.0325431	32.5431	1026279.2	1.0262792

Cuadro N° 4.15

CALCULO DE FILTRACIONES CON TRATAMIENTO

Condiciones	Caudal de Perdida Bajo la Presa		Caudal de Perdida Anual	
	m3/seg	lt/seg	m3/año	MMC
Unidades	m3/seg	lt/seg	m3/año	MMC
Bajo la Inyeccion	0.1727254	172.7254	5447068.21	5.44706821
Despues de la Inyeccion	0.20468355	204.68355	6454900.43	6.45490043
Aguas Abajo	0.020335839	20.3358388	641311.012	0.64131101

37.51%

Reducción del gasto de filtración = $1.0262792 - 0.64131101 = 0.385$ MMC

4.1.4.- RESULTADO DE ANALISIS DEL MOVIMIENTO DE AGUA EN MEDIOS POROSOS EN LA CIMENTACION DE PRESA

ANALISIS REDES DE FLUJO

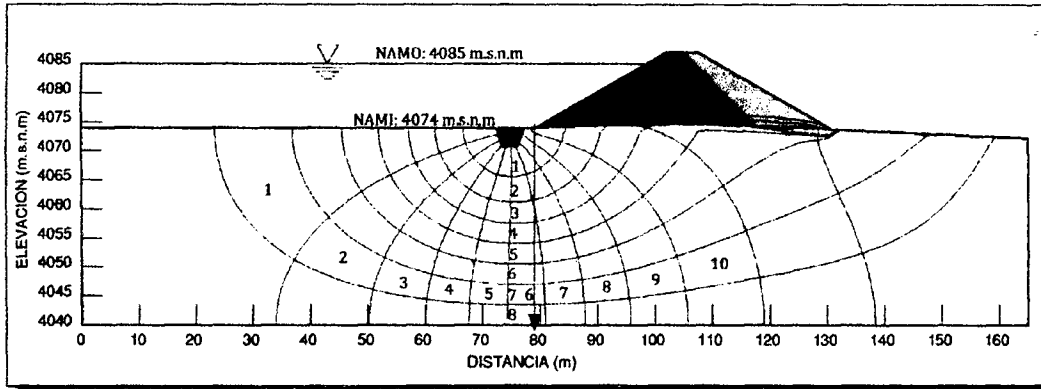


Figura 4.43: Análisis red de flujo con dentellón (0+050)

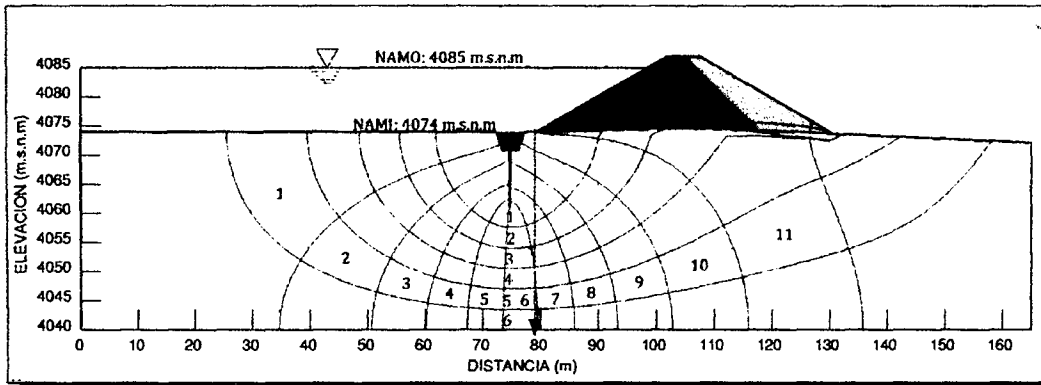


Figura 4.44: Análisis red de flujo con inyección (0+050)

Cuadro N° 4.16: Análisis red de flujo (seep/w)

PROG: 0+050						
	DATOS					CALCULOS
	CAUDAL UNITARIO	PERMEABILIDAD HIDRAULICA	CARGA HIDRAULICA	Nº CAIDAS POTENCIAL	CAIDA DE CARGA HIDRAULICA	Nº DE CANALES
UNIDADES	q (m3/seg)	k (m/seg)	h (m)	n_e	$\Delta h(m)$	n_f
SIN INYECCION	0.00067796	0.000079818	11	10	1	7.72165768
CON INYECCION	0.00051583	0.000079818	11	11	1	6.46257736

Cuadro N° 4.17: Análisis red de flujo (calculo)

PROG: 0+050						
	DATOS					CALCULOS
	PERMEABILIDAD HIDRAULICA	CARGA HIDRAULICA	N° CAIDAS POTENCIAL	N° DE CANALES	CAIDA DE CARGA HIDRAULICA	CAUDAL UNITARIO
UNIDADES	k (m/seg)	h (m)	n_e	n_f	$\Delta h(m)$	q (m3/seg)
SIN INYECCION	0.000079818	11	10	8	1	0.0007024
CON INYECCION	0.000079818	11	11	6	1	0.00047891

Cuadro N° 4.18: Análisis red de flujo (seep/w)

PROG: 0+100						
	DATOS					CALCULOS
	CAUDAL UNITARIO	PERMEABILIDAD HIDRAULICA	CARGA HIDRAULICA	N° CAIDAS POTENCIAL	CAIDA DE CARGA HIDRAULICA	N° DE CANALES
UNIDADES	q (m3/seg)	k (m/seg)	h (m)	n_e	$\Delta h(m)$	n_f
SIN INYECCION	0.0011953	0.000055154	21	17	1	17.5440369
CON INYECCION	0.0009215	0.000055154	21	18	1	14.3209403

Cuadro N° 4.19: Análisis red de flujo (calculo)

PROG: 0+100						
	DATOS					CALCULOS
	PERMEABILIDAD HIDRAULICA	CARGA HIDRAULICA	N° CAIDAS POTENCIAL	N° DE CANALES	CAIDA DE CARGA HIDRAULICA	CAUDAL UNITARIO
UNIDADES	k (m/seg)	h (m)	n_e	n_f	$\Delta h(m)$	q (m3/seg)
SIN INYECCION	0.000055154	21	17	18	1	0.00122637
CON INYECCION	0.000055154	21	18	14	1	0.00090085

Cuadro N° 4.20: Análisis red de flujo (seep/w)

PROG: 0+150						
	DATOS					CALCULOS
	CAUDAL UNITARIO	PERMEABILIDAD HIDRAULICA	CARGA HIDRAULICA	N° CAIDAS POTENCIAL	CAIDA DE CARGA HIDRAULICA	N° DE CANALES
UNIDADES	q (m3/seg)	k (m/seg)	h (m)	n_e	$\Delta h(m)$	n_f
SIN INYECCION	0.0021081	5.43267E-05	25	20	1	31.0432992
CON INYECCION	0.0011069	5.43267E-05	25	23	1	18.7448897

Cuadro N° 4.21: Análisis red de flujo (calculo)

PROG: 0+150						
	DATOS					CALCULOS
	PERMEABILIDAD HIDRAULICA	CARGA HIDRAULICA	N° CAIDAS POTENCIAL	N° DE CANALES	CAIDA DE CARGA HIDRAULICA	CAUDAL UNITARIO
UNIDADES	k (m/seg)	h (m)	n_e	n_f	$\Delta h(m)$	q (m3/seg)
SIN INYECCION	5.43267E-05	25	20	31	1	0.00210516
CON INYECCION	5.43267E-05	25	23	19	1	0.00112196

Cuadro N° 4.22: Análisis red de flujo (seep/w)

PROG: 0+240						
	DATOS					CALCULOS
	CAUDAL UNITARIO	PERMEABILIDAD HIDRAULICA	CARGA HIDRAULICA	Nº CAIDAS POTENCIAL	CAIDA DE CARGA HIDRAULICA	Nº DE CANALES
UNIDADES	q (m3/seg)	k (m/seg)	h (m)	n_e	$\Delta h(m)$	n_f
SIN INYECCION	0.00097249	0.000066245	19	15	1	11.5896334
CON INYECCION	0.00030435	0.000066245	19	17	1	4.11069753

Cuadro N° 4.23: Análisis red de flujo (calculo)

PROG: 0+240						
	DATOS					CALCULOS
	PERMEABILIDAD HIDRAULICA	CARGA HIDRAULICA	Nº CAIDAS POTENCIAL	Nº DE CANALES	CAIDA DE CARGA HIDRAULICA	CAUDAL UNITARIO
UNIDADES	k (m/seg)	h (m)	n_e	n_f	$\Delta h(m)$	q (m3/seg)
SIN INYECCION	0.000066245	19	15	12	1	0.00100692
CON INYECCION	0.000066245	19	17	4	1	0.00029615

4.1.5.- RESULTADO DEL ANÁLISIS DE LOS CAMPOS DE PRESIONES DEL AGUA, GRADIENTE DE ENERGÍA Y VELOCIDADES DE FILTRACIÓN

CAMPOS DE PRESIONES:

La filtración ocurre debido a una existencia de un campo de potencial que en este caso viene a ser la carga de agua del embalse. En la formulación matemática de la ecuación gobernante del fenómeno de infiltración la variable principal es precisamente ésta (el potencial h), en específico h viene a ser la carga (altura) piezométrica, la velocidad del flujo de agua y otros parámetros se determina a partir del conocimiento de esta. El objetivo entonces en primera instancia es determinar la altura piezométrica h en todos los puntos dentro del medio de filtración.

Progresiva: 0+050

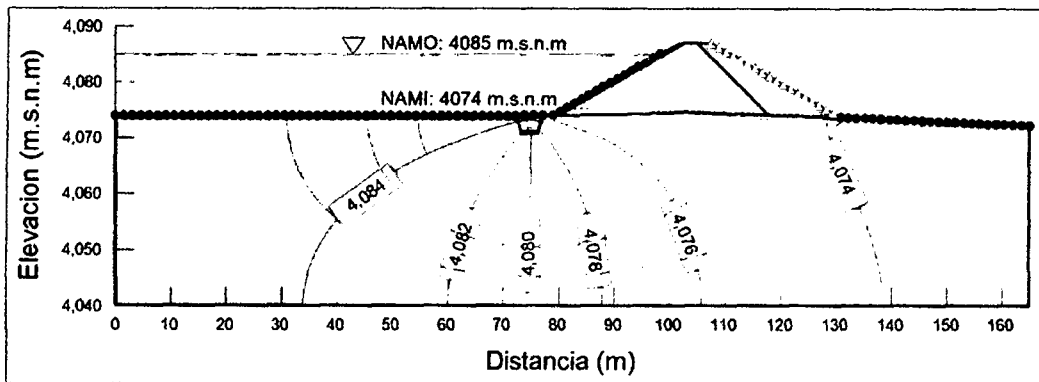


Figura 4.45: líneas equipotenciales con dentellón (0+050)

Se observa que las líneas equipotenciales se concentran en geomembrana y dentellón y por tanto se tiene un mayor gradiente hidráulico en esa zona, con lo que se concluye el correcto desempeño de la impermeabilización.

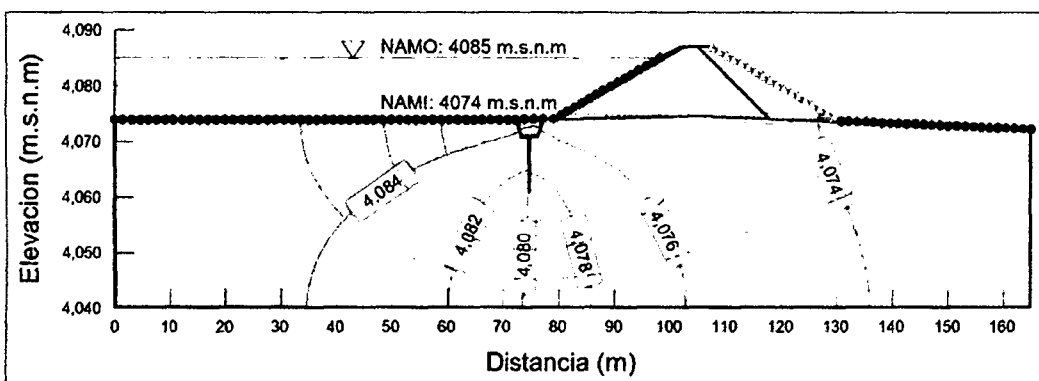


Figura 4.46: líneas equipotenciales con inyección (0+050)

Se observa que la distribución de las líneas equipotenciales prácticamente no varía con respecto al modelo sin inyecciones, ya que se tiene directamente bajo el dentellón una carga total de presión de igual valor (4,080).

Progresiva 0+100

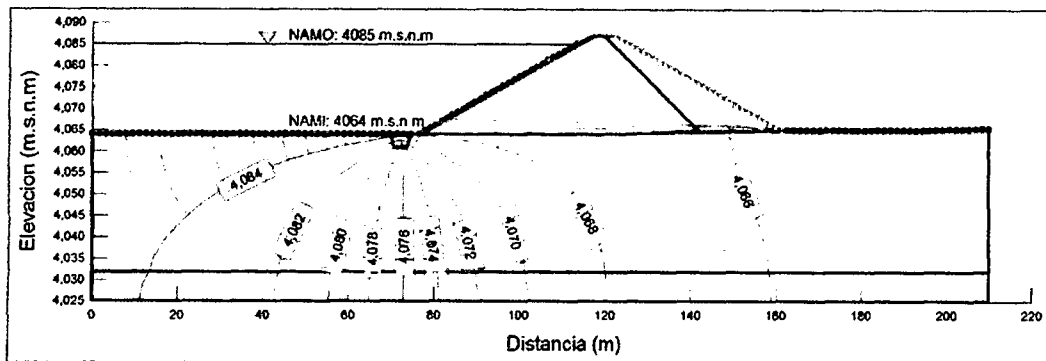


Figura 4.47: líneas equipotenciales con dentellón (0+100)

Se observa que las líneas equipotenciales se concentran en geomembrana y dentellón y por tanto se tiene un mayor gradiente hidráulico en esa zona, con lo que se concluye el correcto desempeño de la impermeabilización.

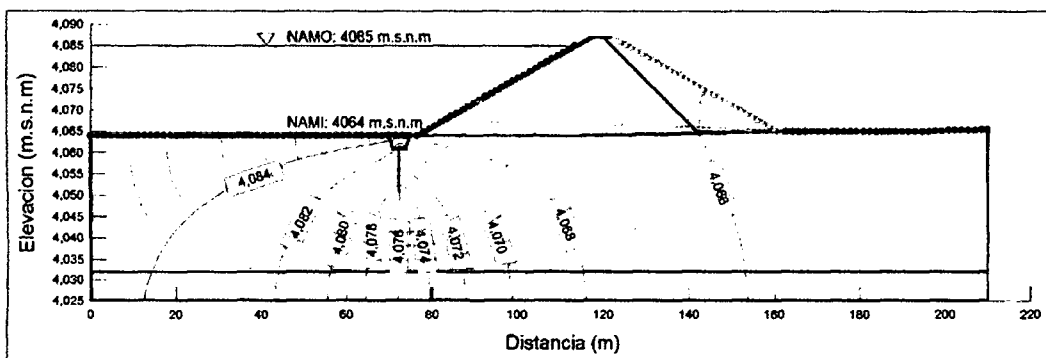


Figura 4.48: líneas equipotenciales con inyección (0+100)

Se observa que la distribución de las líneas equipotenciales prácticamente no varía con respecto al modelo sin inyecciones, ya que se tiene directamente bajo el dentellón una carga total de presión de igual valor (4076).

Progresiva 0+150

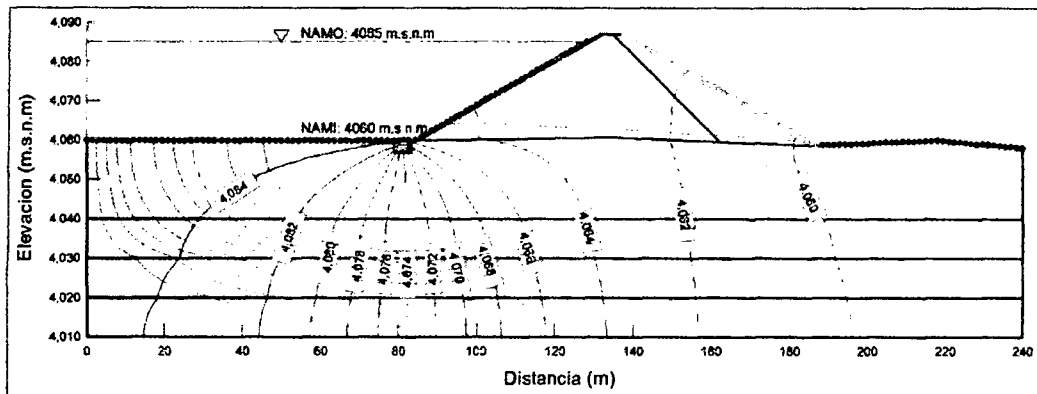


Figura 4.49: líneas equipotenciales con dentellón (0+150)

Se observa que las líneas equipotenciales se concentran en geomembrana y dentellón y por tanto se tiene un mayor gradiente hidráulico en esa zona, con lo que se concluye el correcto desempeño de la impermeabilización.

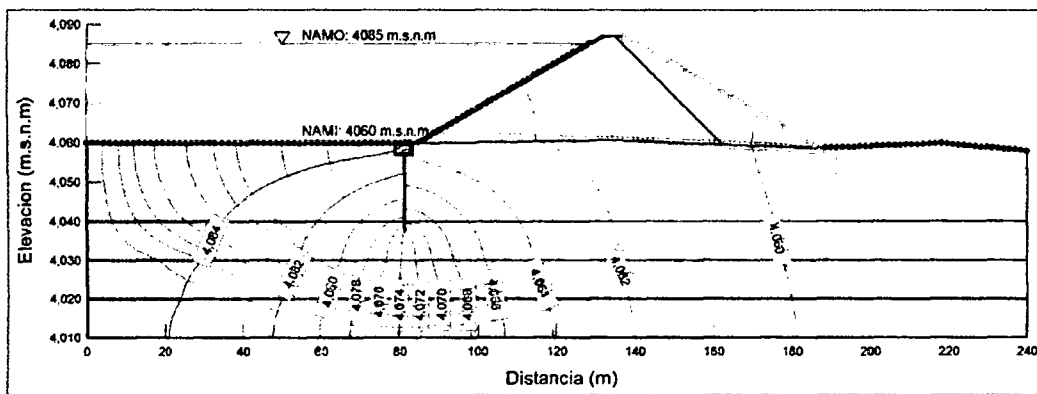


Figura 4.50: líneas equipotenciales con inyección (0+150)

Se observa que la distribución de las líneas equipotenciales prácticamente no varía con respecto al modelo sin inyecciones, ya que se tiene directamente bajo el dentellón una carga total de presión de igual valor (4074).

Progresiva 0+240

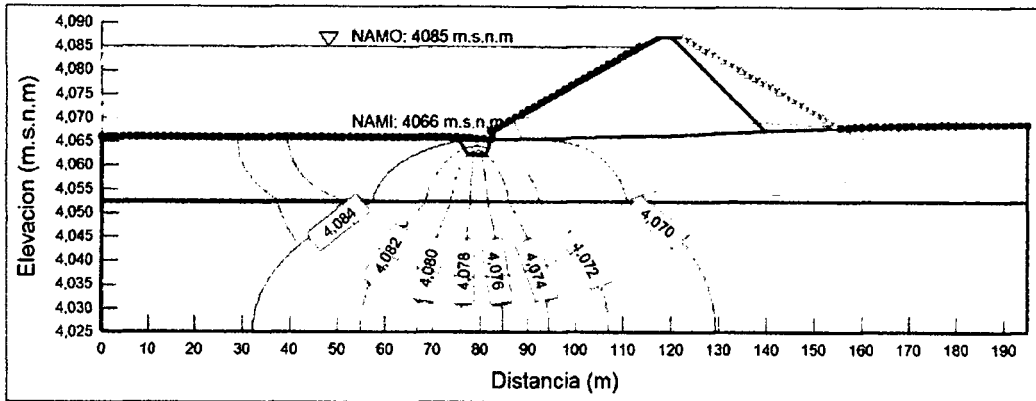


Figura 4.51: líneas equipotenciales con dentellón (0+240)

Se observa que las líneas equipotenciales se concentran en geomembrana y dentellón y por tanto se tiene un mayor gradiente hidráulico en esa zona, con lo que se concluye el correcto desempeño de la impermeabilización.

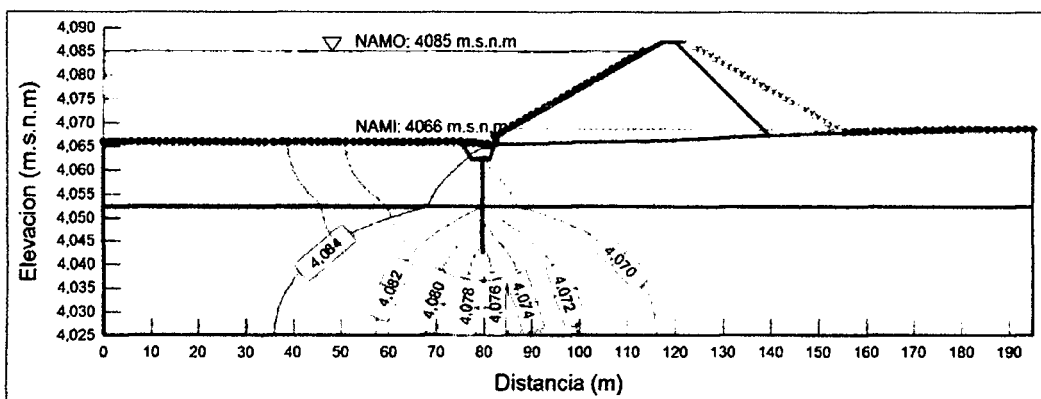


Figura 4.52: líneas equipotenciales con inyección (0+240)

Se observa que la distribución de las líneas equipotenciales prácticamente no varía con respecto al modelo sin inyecciones, ya que se tiene directamente bajo el dentellón una carga total de presión de igual valor (4077).

GRADIENTE HIDRAULICO:

En las figuras N° 4.55, 4.56, 4.57, 4.58, 4.59, 4.60, 4.61 y 4.62 que se muestran a continuación se puede observar las curvas de gradientes hidráulicas que se obtuvieron en la salida aguas Abajo. De acuerdo al reglamento del Cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos la gradiente máxima de salida no debe ser mayor a 0.70.

Con la finalidad de observar la influencia de la presencia de la pantalla en la cimentación respecto a las magnitudes de las Gradientes Hidráulicas, se analizaron dos situaciones: primero, la presa sin pantalla de inyecciones (ver las figuras N° 4.55, 4.57, 4.59 y 4.61) y el segundo caso la presa con pantalla de inyecciones (ver las figura N° 4.56, 4.58, 4.60 y 4.62).

Progresiva 0+050

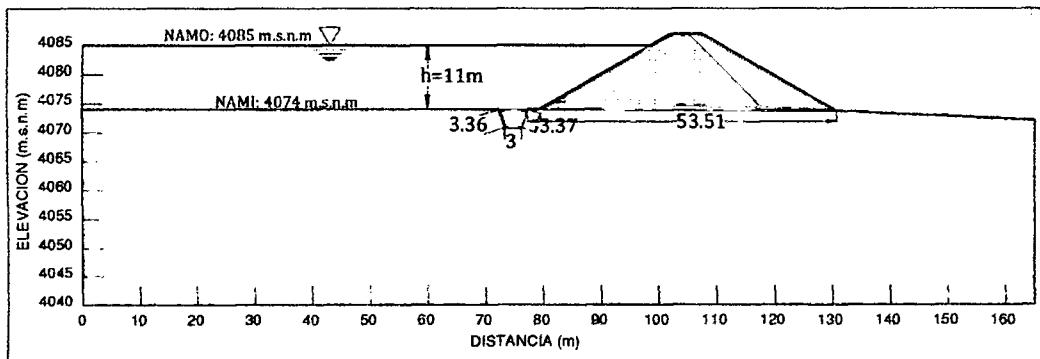


Figura 4.53: análisis de gradiente hidráulica en talud aguas abajo (0+050)

$$i = \frac{11}{3.36 + 3 + 3.37 + 53.51} = \frac{11}{63.24} = 0.174$$

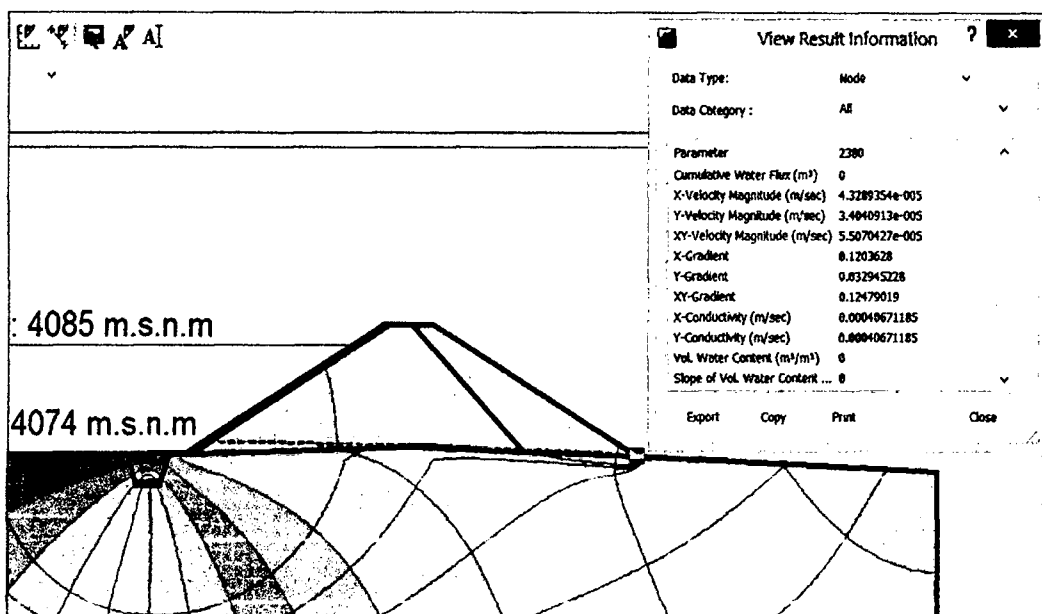


Figura 4.54: Reporte de resultados por nodo/GeoStudio-SEEP/W (MEF)

Resultado gradiente hidráulica calculo 0.174 y SEEP/W 0.125 éste valor está en el mismo orden de magnitud.

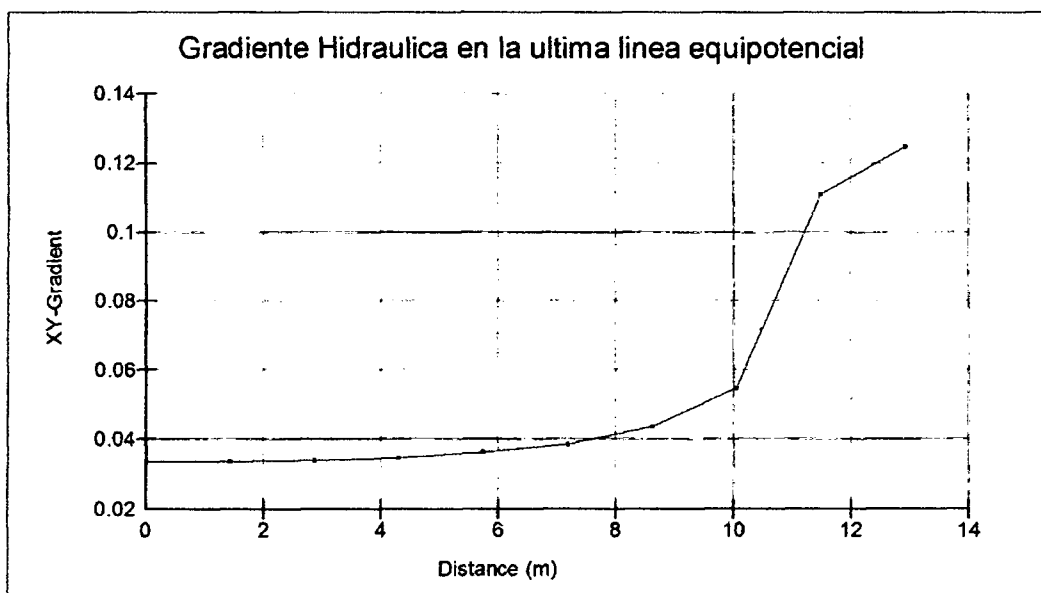


Figura N° 4.55: Gradiente hidráulica sin inyección (0.125)

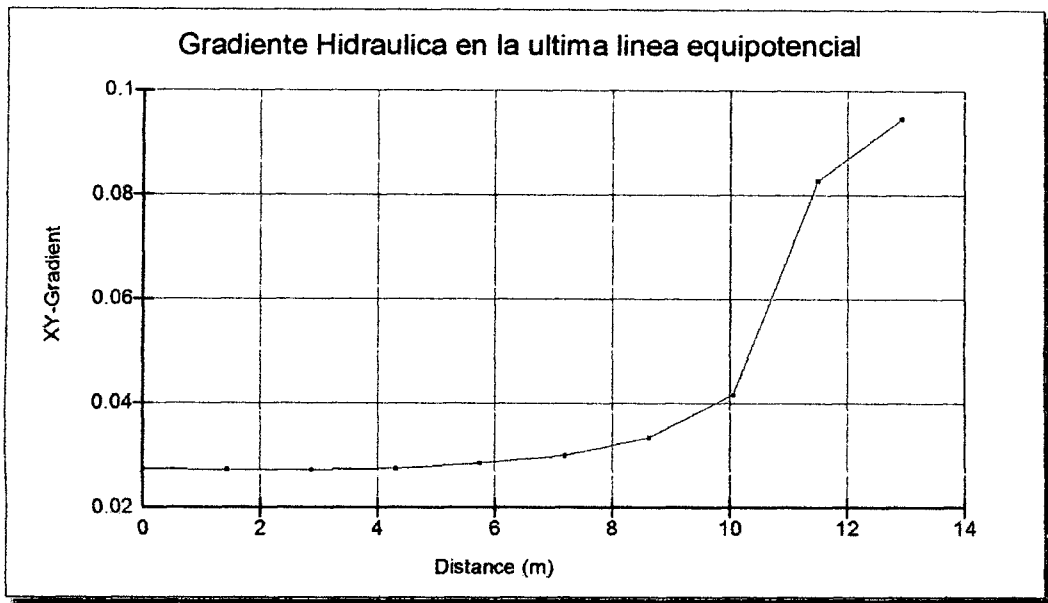


Figura N° 4.56: Gradiente hidráulica con inyección (0.095)

Progresiva 0+100

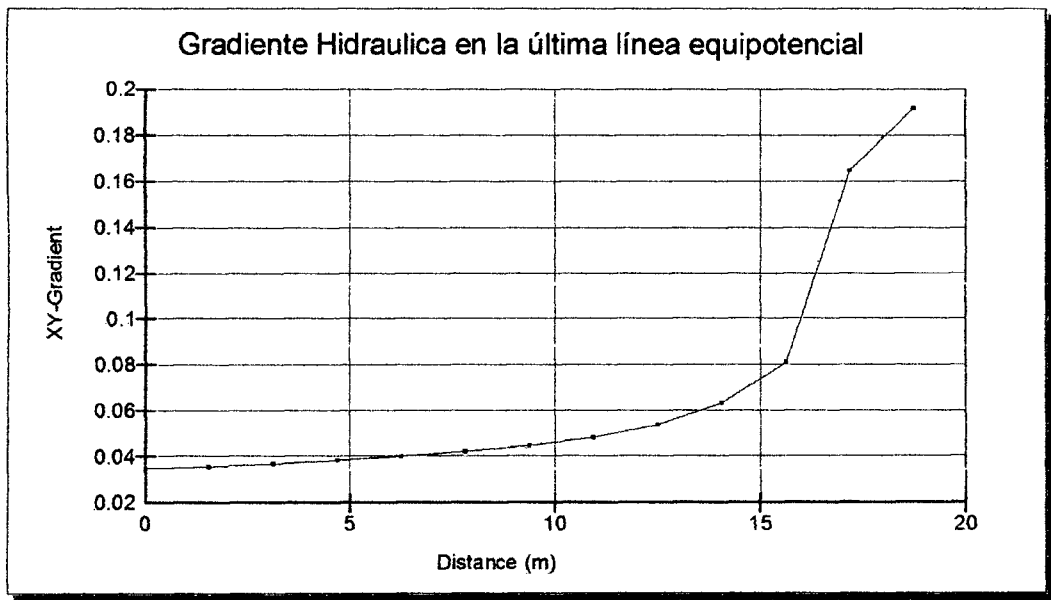


Figura N° 4.57: Gradiente hidráulica sin inyección (0.192)

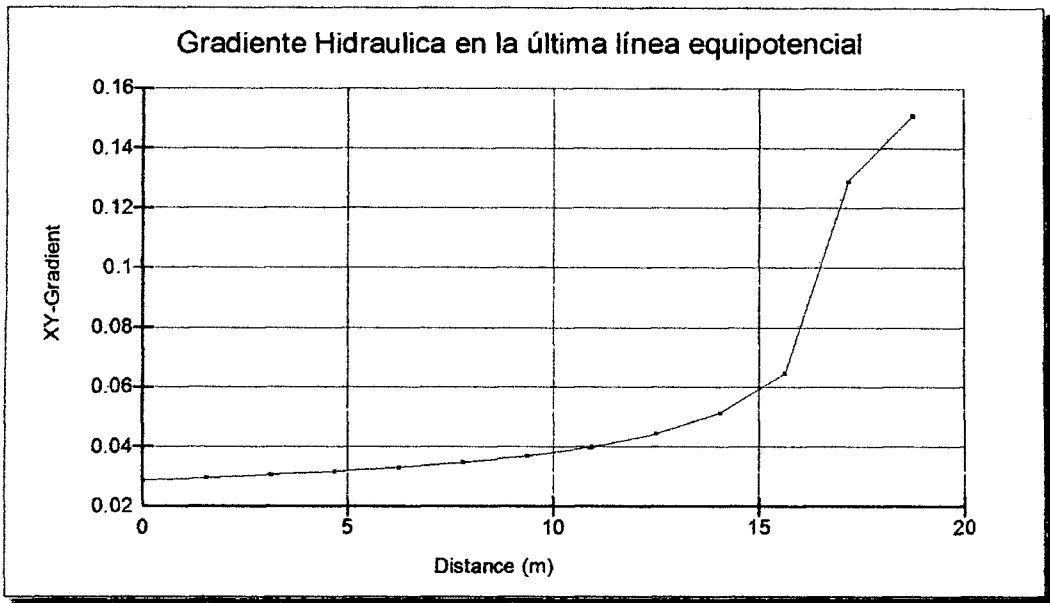


Figura N° 4.58: Gradiente hidráulica con de inyección (0.151)

Progresiva 0+150

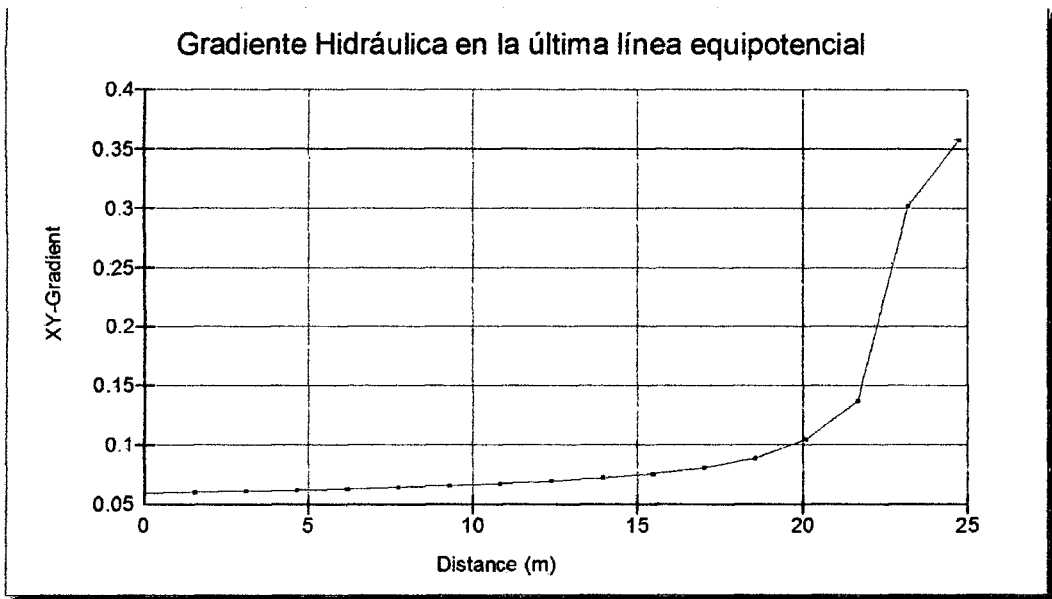


Figura N° 4.59: Gradiente hidráulica sin inyección (0.358)

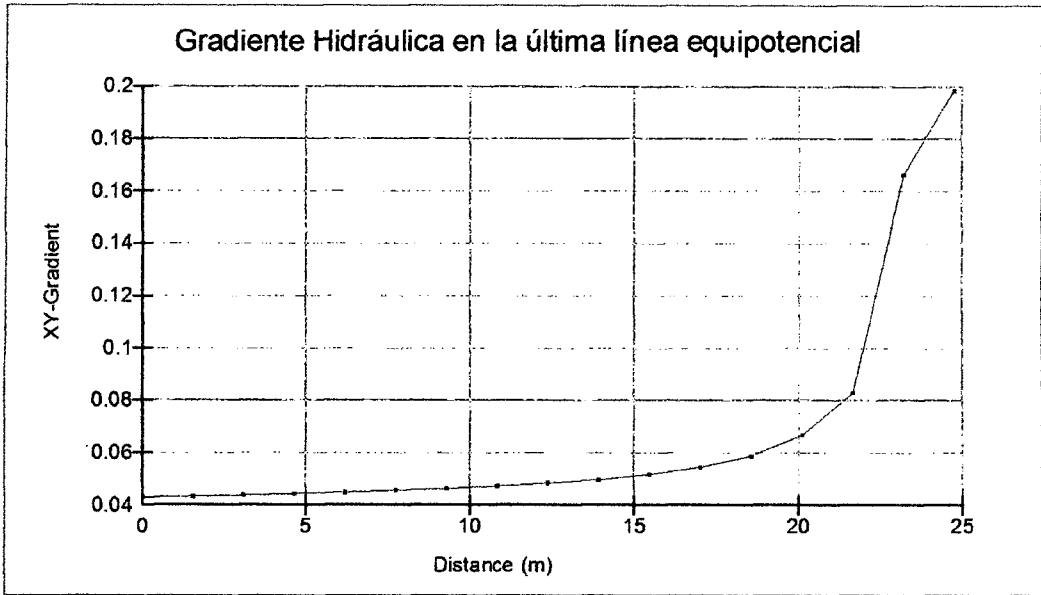


Figura N° 4.60: Gradiente hidráulica con inyección (0.198)

Progresiva 0+240

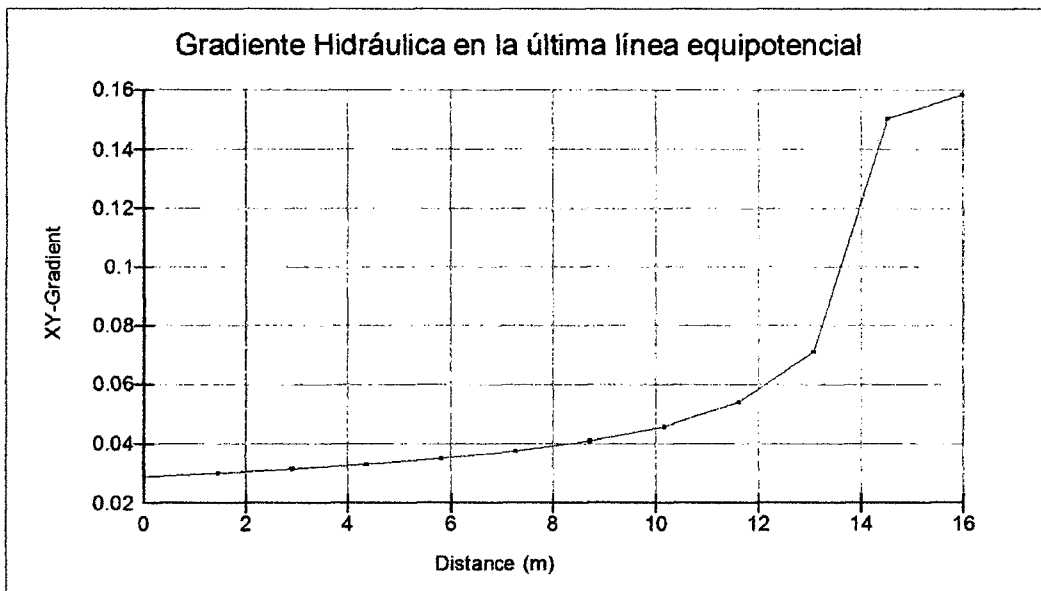


Figura N° 4.61: Gradiente hidráulica sin inyección (0.158)

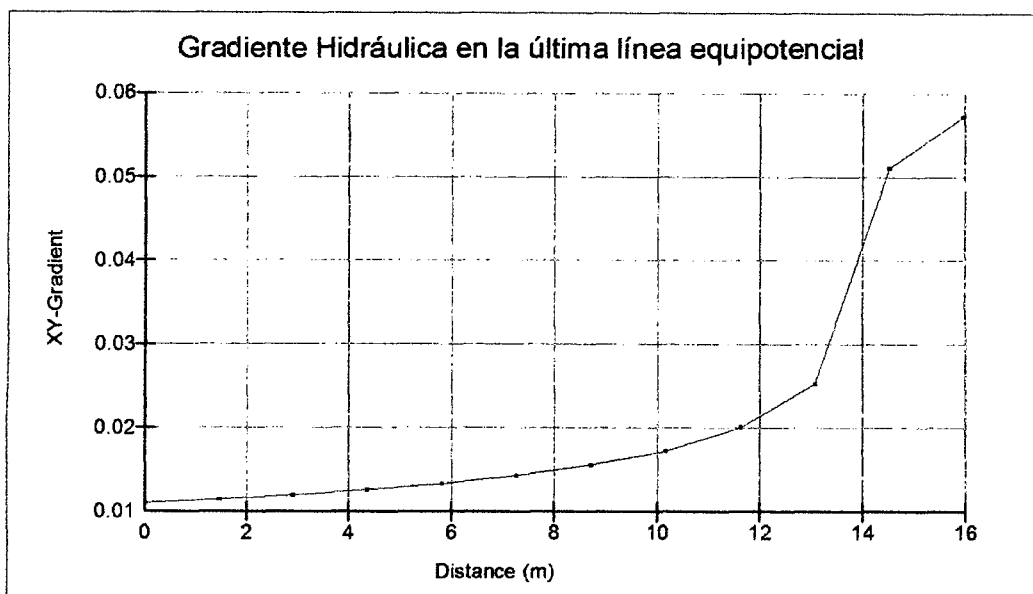


Figura N° 4.62: Gradiente hidráulica con inyección (0.057)

VELOCIDAD DE DESCARGA:

El recorrido del flujo de agua a través de los diferentes estratos de materiales encontrados bajo la cimentación de la presa es mayor en las zonas donde existe permeabilidad debido a que el flujo sigue una ruta sinuosa a través de los vacíos del estrato, caso contrario ocurre en las zonas semipermeables a impermeables.

La velocidad de descarga también está relacionada con el recorrido de las filtraciones en la cimentación de la presa, debido a ello al considerar una pantalla de impermeabilización en la cimentación de la presa, queda establecido que al alargar las líneas de flujo, la velocidad de descarga será mucho menor.

Progresiva 0+050

$$V = ik = 0.174 * 0.00040671185 = 7.07437e - 005 \text{ m/seg}$$

Resultado velocidad de descarga calculo 7.07437e-005 m/seg. Y SEEP/W 5.050704e-005 m/seg. éste valor está en el mismo orden de magnitud.

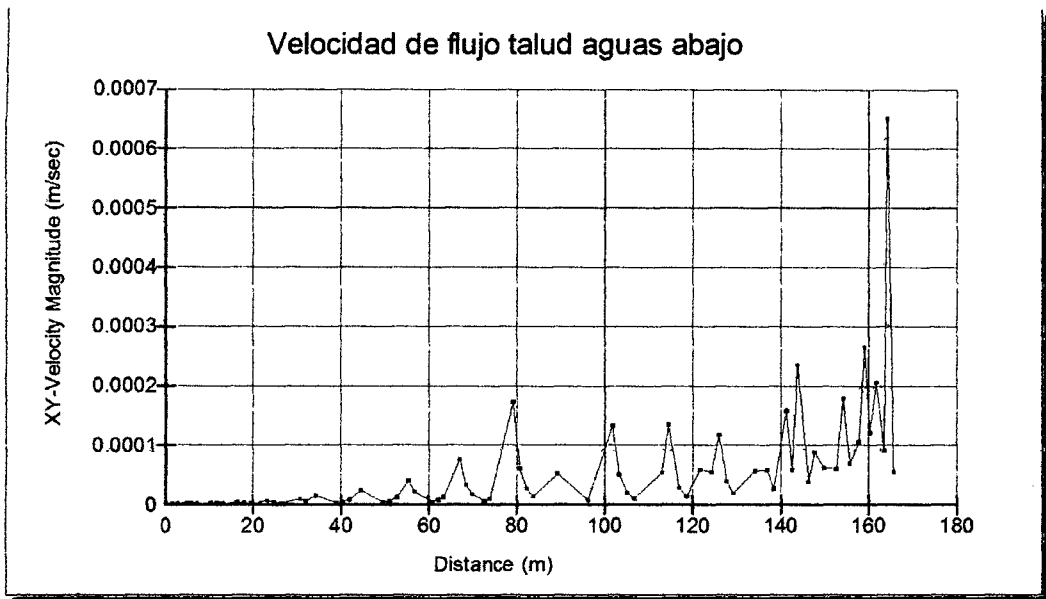


Figura 4.63: Velocidad de flujo sin inyección (0.000651m/s)

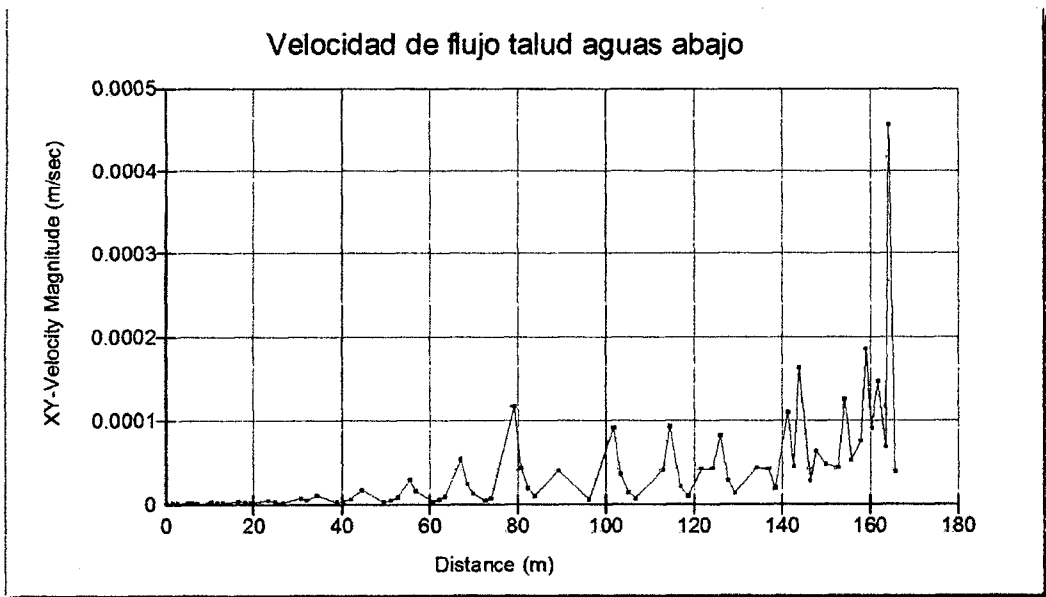


Figura 4.64: Velocidad de flujo con inyección (0.000456m/s)

Progresiva 0+100

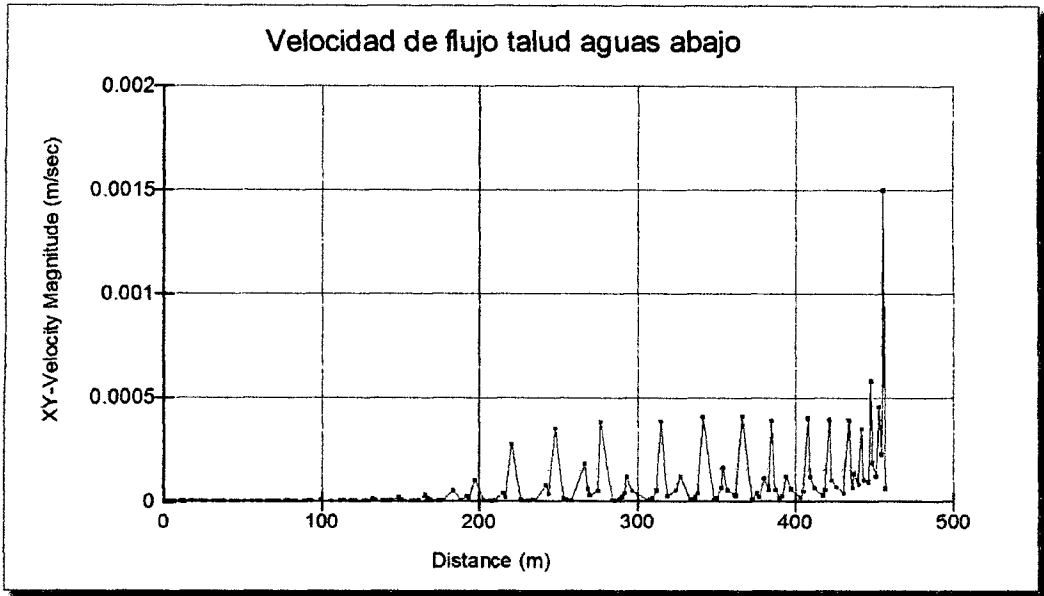


Figura 4.65: Velocidad de flujo sin inyección (0.0015m/s)

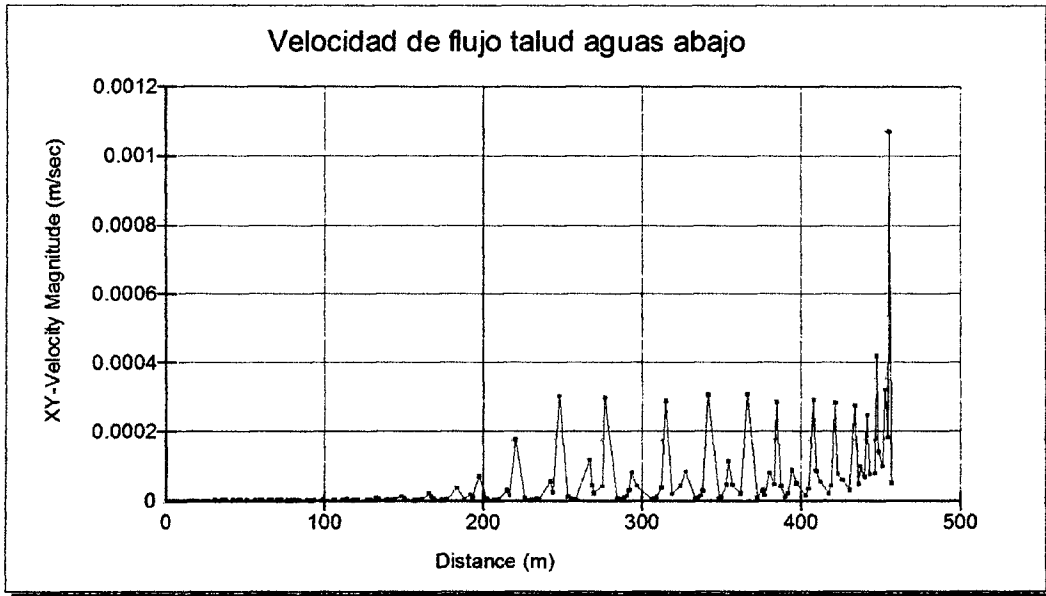


Figura 4.66: Velocidad de flujo con inyección (0.00107m/s)

Progresiva 0+150

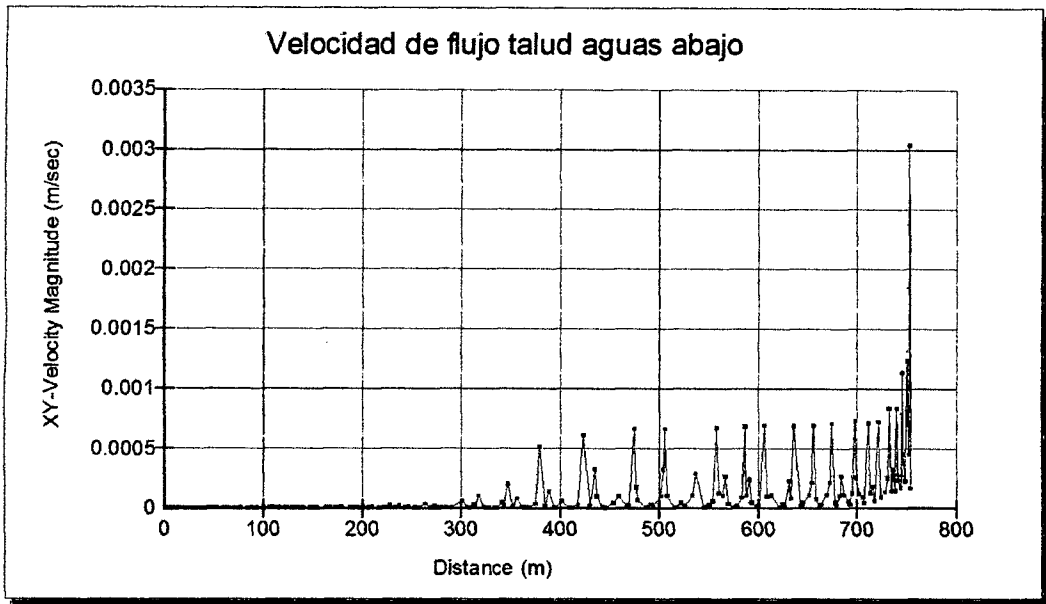


Figura 4.67: Velocidad de flujo sin inyección (0.00304m/s)

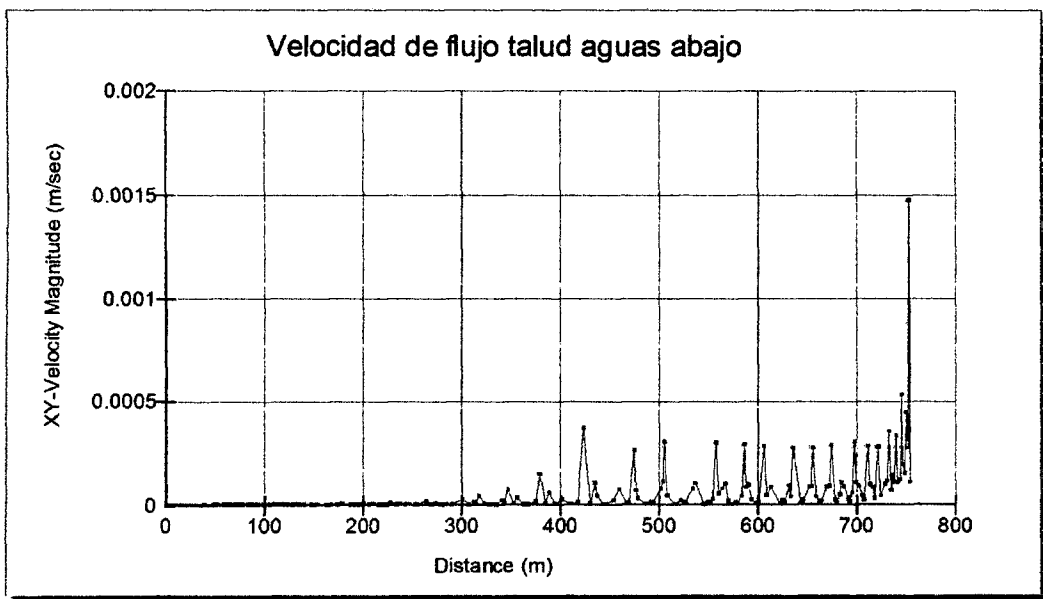


Figura 4.68: Velocidad de flujo con inyección (0.00148m/s)

Progresiva 0+240

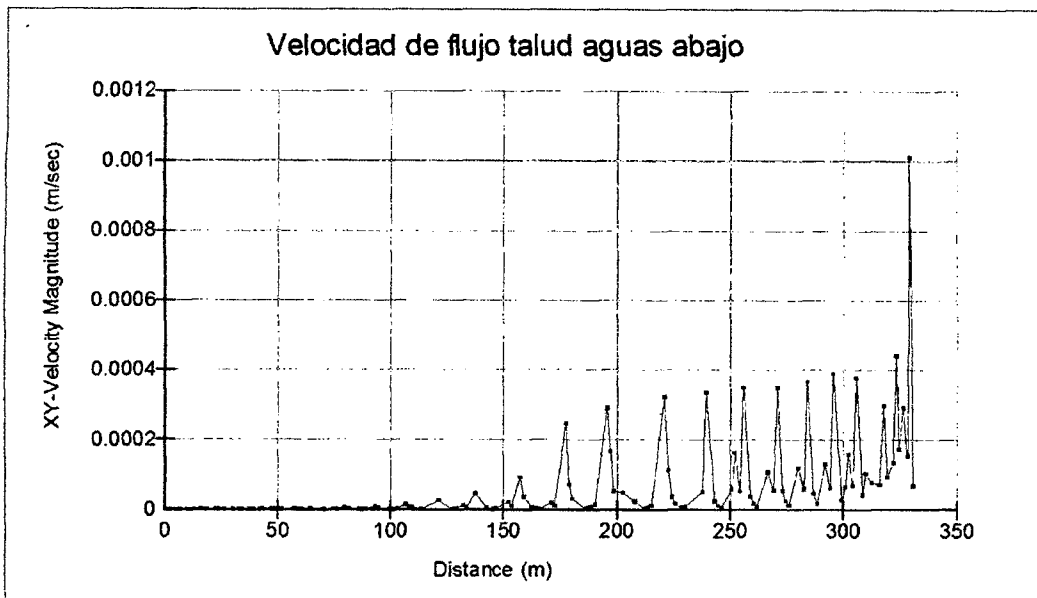


Figura 4.69: Velocidad de flujo sin inyección (0.00101m/s)

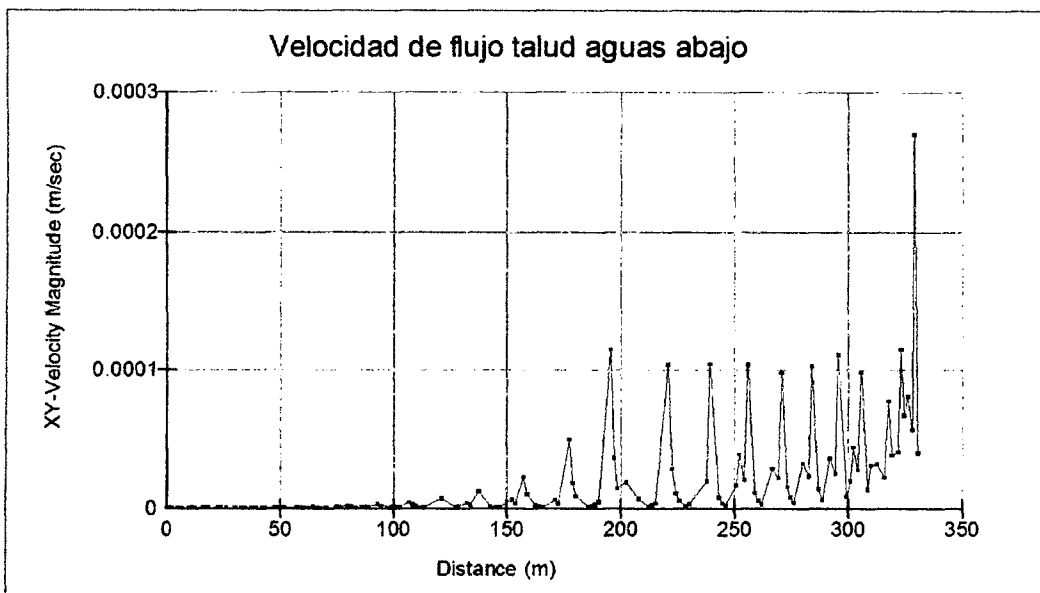


Figura 4.70: Velocidad de flujo con inyección (0.00027m/s)

V. DISCUSIONES

➤ DE LA REDUCCION DEL GASTO DE FILTRACION

De acuerdo al resultado de las pruebas de permeabilidad realizadas tenemos lo siguiente:

De los cuadros N° 4.4 y 4.5 tipo Lefranc a nivel constante y carga variable respectivamente la permeabilidad se ha reducido pero no es tan bajo, esto indica que la inyección de impermeabilización no llega a cubrir o penetrar todos los espacios vacíos de los medios porosos.

En margen central la prueba realizada tipo Lugeon en pozo de verificación 03 nos indica que la permeabilidad se ha reducido mucho más debido a la inyección de líneas secundarias y terciarias.

La reducción del gasto de filtración cuando se utilizan las pantallas colgantes es casi el mismo, con independencia de la profundidad de éstas, ya que para obtener una reducción apreciable del gasto de filtración se requiere pantalla completa, es decir, empotrada en el estrato impermeable, y éste no ha sido encontrado con las perforaciones realizadas en ninguna de las perforaciones realizadas.

➤ **DE MODELACION EN SEEP/W.**

Como se ha visto en el capítulo anterior sobre el modelamiento del problema de infiltración en presas es lo mismo que modelamiento de flujo de agua en medios porosos; para este efecto utilizamos el método elementos finitos (MEF) para el modelamiento; esto corresponde al uso del programa GeoStudio 2007 -SEEP/W.

Usamos el modelamiento de flujos de agua en medios porosos con el método de elementos finitos que el programa comercial GeoStudio 2007 en su paquete SEEP/W; considerando valida esta modelación se toma el ejemplo tutorial del programa (Presa de tierra con material homogénea).

➤ **DEL ANÁLISIS DEL GASTO CON LAS DIFERENTES MEDIDAS CONTRA FILTRACIONES EN LA CIMENTACION DE LA PRESA.**

En la progresiva 0+050 con 11m de carga de agua considerando el tratamiento geotécnico de la cimentación de la presa, se mejora en 10.51% con respecto a las condiciones de esta sin tratamiento.

En la progresiva 0+100 con 21m de carga de agua considerando el tratamiento geotécnico de la cimentación de la presa, se mejora en 17.67% con respecto a las condiciones de esta sin tratamiento.

En la progresiva 0+150 con 25m de carga de agua considerando el tratamiento geotécnico de la cimentación de la presa, se mejora en 48.43% con respecto a las condiciones de esta sin tratamiento.

En la progresiva 0+240 con 19m de carga de agua considerando el tratamiento geotécnico de la cimentación de la presa, se mejora en 98.34% con respecto a las condiciones de esta sin tratamiento.

➤ **DEL ANÁLISIS DEL MOVIMIENTO DE AGUA EN MEDIOS POROSOS EN LA CIMENTACION DE PRESA.**

De la figura 4.44 correspondiente al análisis de red de flujo con inyección (0+050), $h=11$ m, se obtiene que:

El número de canales de flujo es 6, el número de caídas de potencial es 11, la caída de carga hidráulica es cada 1m. y se adopta como la relación ancho-longitud de los elementos rectangulares que constituyen la red de flujo. Con los datos señalados se obtiene el caudal infiltrado, cuyo valor es 0.479 l/s/m, éste valor está en el mismo orden de magnitud que el caudal calculado con el programa (0.516 l/s/m), por tanto se valida éste y los demás modelos del análisis de la red de flujo.

➤ **DEL ANÁLISIS DE LOS CAMPOS DE PRESIONES DEL AGUA, GRADIENTE DE ENERGÍA Y VELOCIDADES DE FILTRACIÓN.**

Según como se muestran los resultados en las figuras 4.6, 4.14, 4.22 y 4.30, el modelamiento es adecuado y responde las expectativas de cálculo.

Es evidente como se muestran en las figuras que la inyección rompe la continuidad del flujo entre las caras en contacto; la cara hacia aguas arriba tiene mayores potenciales de flujo y baja en la cara aguas abajo, en flujo como era de esperarse pasa por debajo de la inyección y en ese punto y en talud aguas abajo alcanzan la máxima gradiente hidráulica y máxima velocidad, los riesgos de peligro en la cimentación de la estructura se aleja respecto al caso donde no se considere la inyección.

VI. CONCLUSIONES

➤ CONCLUSIONES DE LA REDUCCION DEL GASTO DE FILTRACION

En la margen izquierda se realizaron 07 pruebas de permeabilidad tipo Lefranc constante, comprobándose así que la permeabilidad ha disminuido antes y después de las inyecciones de $7.9818E-03$ cm/seg hasta $1.2648E-05$ cm/seg.

En la margen derecha se realizaron 03 ensayos lefranc carga variable, comprobándose así que la permeabilidad ha disminuido antes y después de las inyecciones de $1.214E-02$ cm/seg hasta $1.30E-05$ cm/seg.

También se obtuvo en el ensayo de Lugeon ocurrido en la presión mínima, para $PM=1.5$ kg/cm³ el valor Lugeon del ensayo es 1.06UL. y $K=1.38E-05$ cm/seg. Donde los valores nos indican un valor de permeabilidad baja y de condiciones favorables.

➤ CONCLUSIONES DE MODELACION EN SEEPW.

En Cuanto a la modelación por el método de elementos finitos que utiliza el programa GeoStudio 2007-SEEPW es adecuada y correcta, los resultados caen en la responsabilidad del quién esté tratando resolver el problema, puesto el único variable son los datos y condiciones de borde.

Los resultados depende mucho de la definición de las condiciones de borde y de los coeficientes de conductividad hidráulica.

➤ **CONCLUSIONES DEL GASTO CON LAS DIFERENTES MEDIDAS
CONTRA FILTRACIONES EN LA CIMENTACION DE LA PRESA**

Por lo tanto se concluye que considerando el tratamiento geotécnico de la cimentación de la presa, se mejorara en 37.51% con respecto a las condiciones de esta sin tratamiento, es decir de 32.54 l/seg hasta 20.34 l/seg.

Las condiciones de impermeabilización en la cimentación de la presa irán mejorando con el transcurrir del tiempo operativo de la estructura, es decir, que los finos productos de los sedimentos acarreados durante las avenidas se irán depositando progresivamente en toda la base del embalse de la presa, formando con ello una pantalla impermeable de sedimentos.

➤ **CONCLUSIONES DE ANALISIS DEL MOVIMIENTO DE AGUA EN
MEDIOS POROSOS EN LA CIMENTACION DE PRESA**

El análisis de la red de flujo se ejecuta sólo en la dirección del cauce (paralelo a la sección transversal de la presa), pues ésta es predominante sobre la infiltración lateral, al no existir una diferencia de cargas de presión que da lugar al caudal de infiltración, pues se tiene el mismo nivel de carga de agua en toda la dirección longitudinal de la presa (NAMO: 4085 msnm), en cambio en la dirección del flujo predominante se tiene el nivel del agua (máximo) en la cota 4085 msnm aguas arriba de la presa y 4060 msnm aguas abajo en el espaldón (considerando un nivel freático superficial), lo que origina un caudal de infiltración considerable.

➤ **CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS DE LOS CAMPOS DE PRESIONES
DEL AGUA, GRADIENTE DE ENERGÍA Y VELOCIDADES DE
FILTRACIÓN**

En conclusión a mayor carga de agua hay mayor concentración de curvas equipotenciales en la impermeabilización, mayor velocidad y mayor gradiente hidráulica

Tenemos gradiente hidráulica máxima de 0.358 sin inyección y 0.057 con inyección ambos son permisibles de acuerdo a las normas establecidas.

En conclusión de estos análisis nos permite observar la importancia de la presencia de la Pantalla de inyecciones en la cimentación, es decir, reduce las gradientes a valores aceptables.

Para el caso que el valor de gradiente supere lo permitido ocurrirá el problema de erosión, esta falla consiste en la aplicación de fuerzas del flujo al terreno de cimentación produciendo una deformación del terreno y socavando la base de la presa aguas abajo, con las consecuencias de su posterior colapso.

También tenemos velocidad de flujo talud aguas abajo de 0.00304 m/seg sin inyección y 0.00148 m/seg con inyección.

VII. RECOMENDACIONES

- De acuerdo a los resultados obtenidos de las pruebas lo recomendable sería hacer un corte de zanja de dentellón a la misma profundidad de las inyecciones para obtener una reducción apreciable de las filtraciones, ya que en la cimentación se encuentran materiales de alta permeabilidad (aluviales).
- Con el fin de tener una mayor confiabilidad en los resultados de los modelos de la red de flujo, para éste tipo de análisis se debe ejecutar el modelo con mayor número de datos sobre los ensayos de permeabilidad (Lefranc o Lugeon), que los obtenidos para el presente trabajo.
- Si bien los ensayos de sísmica de refracción realizados permiten obtener con relativa precisión los espesores de los estratos, pero no así las propiedades geomecánicas del subsuelo, es necesario obtener los resultados de los ensayos de laboratorio de un mayor número de perforaciones distribuidas en lo ancho del valle, para ejecutar los distintos modelos de simulación numérica.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. ARMAS NOVOA, Rolando y HORTA MESTAS, Evelio. Presas de Tierra (1987). La Habana Cuba.
2. BATHE KLAUS, Jürgen. y KHOSHGOFTAAR TAGHI, M. (1979). Finite element free surface seepage analysis without mesh iteration. International Journal for numerical method in Geomechanics,
3. BELTRÁN, Francisco. (1999). Teoría general del método de los elementos finitos, Departamento de mecánica estructural y construcciones industriales. ETS ingenieros Industriales Madrid.
4. BRIONES ZEVALLOS, Jorge (2008). Tesis: "Estudio comparativo del diseño de la presa de tierra limón del proyecto olmos con pantalla de concreto versus núcleo de material arcilloso".
5. CASAGRANDE, A. (1937). Seepage through Dams. Contributions to Soil Mechanics, 1925 - 1940, Boston Society of Civil Engineers.
6. CONSORIO INGESONDEX PERU. Informe técnico del servicio de perforación diamantina e inyección de impermeabilización en la represa carnicería pampa sector anta –Huamanguilla (2012-2013)
7. GALÁRRAGA SANCHEZ Remigio. (2010). Apuntes de Hidráulica Subterránea. Quito.
8. JUÁREZ BADILLO, Eulalio y RODRÍGUEZ RICO, Alfonso (1994). Mecánica de Suelos- Flujo de agua en suelos, México.
9. MARSAL J., Raúl y RESENDIZ NUÑEZ, Daniel. (1975). Presas de Tierra y Enrocamiento.

10. Mc Laughlin, D (1924): Geologie von Perú, Economic Geology, Vol. 24, N°6
11. RODRIGUEZ BADILLO, Freddy (2012). "Diseño de la obra de cierre y las obras complementarias en el embalse pampas de Salasaca". Tesis para optar título de ingeniero civil.
12. Seepage Modeling with SEEP/W 2007, GEO-SLOPE International Ltd. (Third Edition, March 2008).
13. TOLEDO MUNICIO, Miguel (1997). Tesis Doctoral: Presas de escollera sometidas a sobrevertido. Estudio del movimiento del agua a través de la escollera y de la estabilidad frente al deslizamiento en masa", Universidad politécnica de Madrid - ETS. Ingenieros de caminos, canales y puertos.
14. VILCA TUEROS, Antonio (2009). "Modelamiento numérico de infiltración en presas con el método de volúmenes finitos: caso presa Cuchoquesera /Ayacucho". Tesis para optar título de ingeniero civil, Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga - UNSCH.
15. VILLASEÑOR CONTRERAS, Jesús (1978). Proyecto de obras hidráulicas, Universidad Autónoma Chapingo - México.

ANEXOS

La información anexa se presenta de la siguiente manera:

A.I Perfil estratigráfico

A.II Los protocolos de los ensayos realizados en campo

A.III Equipos utilizados en los ensayos

A.IV Cálculos de las pruebas de permeabilidad

A.V Matriz de consistencia

A.VI Otros tratamientos de impermeabilización

A.VII Manual del uso del programa

A.VIII Análisis granulométrico

A.IX Estudio de impacto ambiental

A.X Normatividad para presas

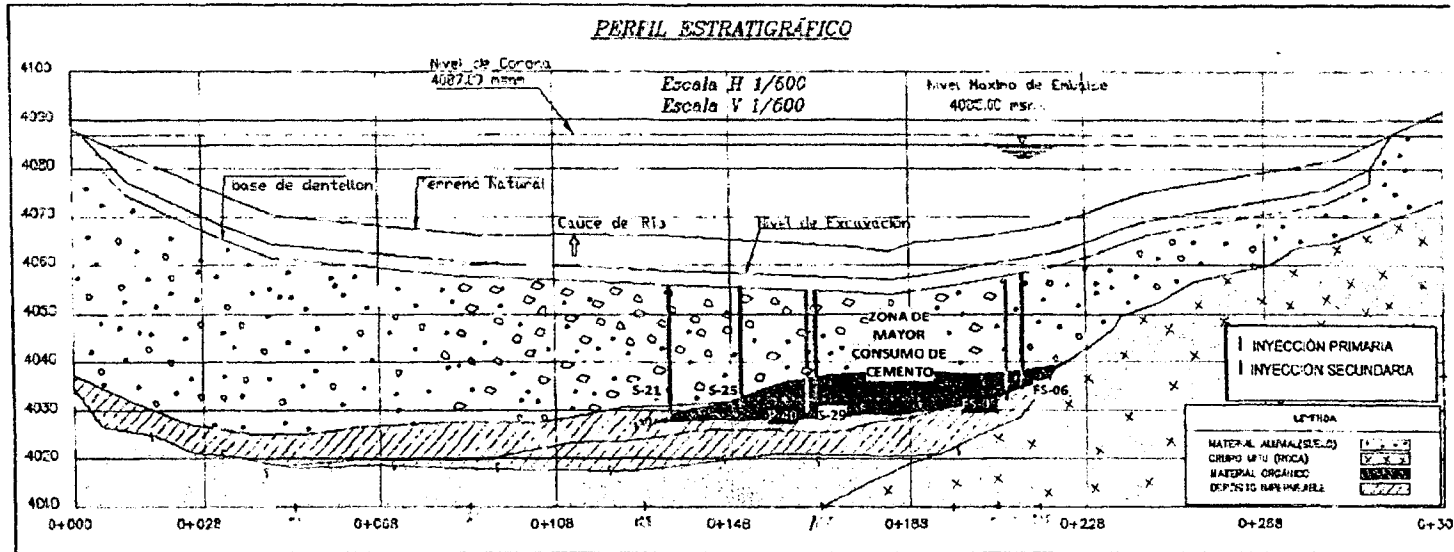
A.XI Panel fotográfico

A.XII Planos

ANEXO I

PERFIL ESTRATIGRAFICO





El Perfil Estratigráfico, detalla 3 eventos de formación que dieron lugar al actual relieve donde se proyecta la Presa, el Primer evento se centra principalmente en el enfriamiento de lavas y deposición de material piroclástico constituyente de la Secuencia Superior del Grupo Mitu; el Segundo evento se trató de una cuenca sedimentaria, en la cual en un largo periodo geológico sirvió de emplazamiento a materiales pelíticos (Arcillas), conformando una delgada capa impermeable; un último y reciente evento quedo enmarcado con la deposición de clastos de rocas subangulosos junto con arenas, limos y arcillas (Material Aluvial).

El perfil muestra un lente de materia orgánica entrampado entre la capa impermeable y el material aluvial reciente, este lente tuvo su origen de formación por medio de la degradación de organismos biológicos y de la vegetación que se emplazaron entrampandose dentro de la capa impermeable. Los compuestos orgánicos sufren un proceso de putrefacción el cual los convierten en gases dejando parte del lente como una cavidad sumamente permeable, que según se aprecia en el Informe técnico de perforación e inyección, un mayor consumo de cemento en los trabajos de inyección entre los pozos Primarios P-40 a FP-05 y los pozos Secundarios S-29 a FS-06 en las progresivas: 0+164 al 0+208 y 0+166 al 0+214 respectivamente, presentandose también en los pozos Secundarios S-21 (0+134) y S-25 (0+150). Por esta razón se recomienda una tercera línea de inyección en esta zona anómala.

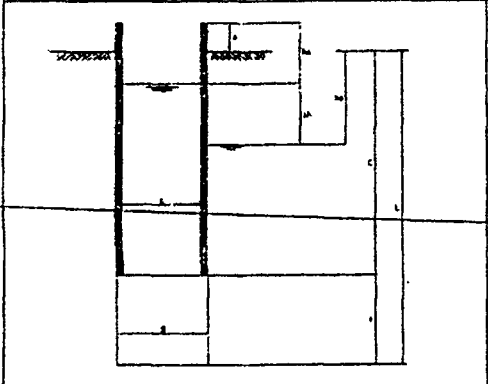
ROBERTO TELLO P.
 INGENIERO
 GEÓLOGO

ANEXO II

LOS PROTOCOLOS DE LOS ENSAYOS REALIZADOS EN CAMPO

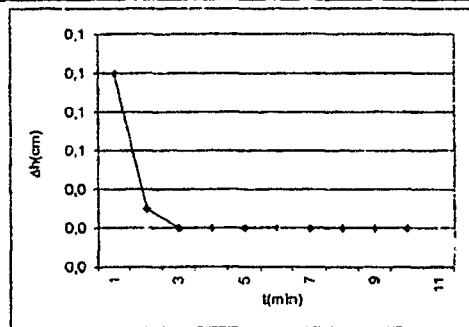
PROYECTO: Construcción Sistema de Irrigación Cornicería Pampa - Huamanguilla
 CLIENTE: Municipalidad Distrital de Huamanguilla
 Fecha: 05-12-12 Hr. Inicio: 15:00 Hr. Fin: 17:00
 Registrado: MC Revisado: RTB

BONDEO: Pozo Verificación N° 1
 ENSAYO: I
 TRAMO: 0.00 - 5.00m
 HOJA: 1



a	Altura revest. sobre nivel del terreno	0.39	m
ha	Profundidad nivel freático	0.24	m
C	Profundidad de la zapata	5.60	m
L	Profundidad de la perforación	6.10	m
dh	Sobrecarga hidráulica	63.00	cm
d	Diametro interior del revestimiento (HQ)	7.62	cm
Ø	Diametro perforación (HQ)	7.62	cm
l	Longitud de tramo de ensayo		
	Antes del ensayo	50.00	cm
	Cobertura con Filtro		cm
h0	Profundidad inicial del agua (t=0)		m
h	prof. Nivel de agua en tn		
t	tiempo de medición		

NIVEL VARIABLE			NIVEL CONSTANTE			
t (min)	h (cm)	dh (cm)	Lectura	q	Lectura	q
0			372.0			
1			372.10	0.1		
2			372.13	0.0		
3			372.15	0.0		
4			372.17	0.0		
5			372.19	0.0		
6			372.21	0.0		
7			372.23	0.0		
8			372.25	0.0		
9			372.27	0.0		
10			372.29	0.0		
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						



TIPO DE ENSAYO			
Debajo del N.F.		Infiltración	X
Encima del N.°	X	Bombeo	
Artesiano		Recuperación	
		Rebajamiento	

CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

ENSAYO A NIVEL CONSTANTE

$$V\phi = 0 \quad K = Q / \Delta h \phi \pi$$

$$V\phi \leq 2 \quad K = Q / \Delta h \phi 2 \pi \sqrt{l\phi + 1/4}$$

$$V\phi > 2 \quad K = Q \log \frac{h_0}{h} / 2 \pi \Delta h l$$

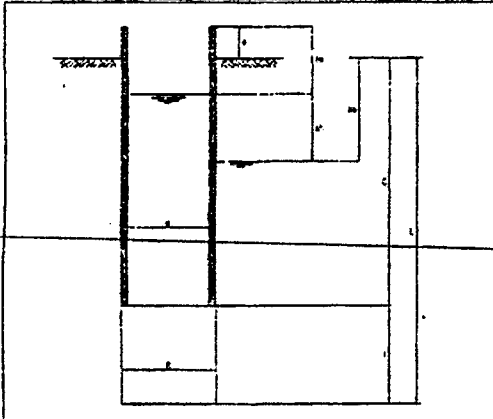
Donde: Q = Caudal (cm³/s)
 Ø = Diametro de perforación (cm)
 l = Longitud del tramo de ensayo (cm)
 k = Coeficiente de permeabilidad (cm/s)
 dh = Sobrecarga hidráulica (m)

GRADO DE PERMEABILIDAD	Valor de K (cm/s)
Elevada	Superior a 10 ⁻¹
Meda	10 ⁻¹ a 10 ⁻³
Baja	10 ⁻³ a 10 ⁻⁵
Muy Baja	10 ⁻⁵ a 10 ⁻⁷
Prácticamente Impermable	Menor a 10 ⁻⁷

ROBERTO TELLO BARBARAN
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 67246

OBSERVACIONES: Material rocoso medianamente fracturada con un coeficiente de permeabilidad baja	Caudal (Q):	0.5	cm ³ /s
	Coefficiente de forma (c):	122.03	cm
	Permeabilidad (k):	6.29E-05	cm/s

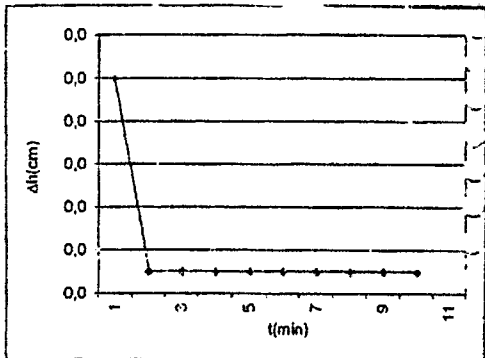
PROYECTO: Construcción Sistema de Irrigación Carrizocha Pampa - Huamanguilla				SONDEO: Para Verificación
CLIENTE: Municipalidad Distrital de Huamanguilla				ENSAYO: 2
Fecha: 06-12-12	Hr. Inicio: 11:15	Hr. Fin: 12:00	TRAMO: 1.00 - 8.00m	
Registrado: MC	Revisado: RTB	HOJA: 2		



a	Altura revest. sobre nivel del terreno	0.39	m
ha	Profundidad nivel freático	0.36	m
C	Profundidad de la zapata	7.50	m
L	Profundidad de la perforación	8.00	m
Δh	Sobrecarga hidráulica	75.00	cm
d	Diametro interior del revestimiento (HQ)	7.62	cm
Ø	Diametro perforación (HQ)	7.62	cm

l	Longitud de tramo de ensayo		
	Antes del ensayo	50.00	c
	Cobertura con Filtro		c
ho	Profundidad inicial del agua (m=0)		
hn	prof. Nivel de agua en tn		
t	tiempo de medición		

NIVEL VARIABLE			NIVEL CONSTANTE			
t (min)	h _v (cm)	Δh (cm)	Lectura	q	Lectura	q
0			380.0			
1			380.01	0.0		
2			380.01	0.0		
3			380.01	0.0		
4			380.01	0.0		
5			380.01	0.0		
6			380.02	0.0		
7			380.02	0.0		
8			380.02	0.0		
9			380.02	0.0		
10			380.02	0.0		
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						



TIPO DE ENSAYO			
Debajo del N.F.	<input type="checkbox"/>	Infiltración	<input type="checkbox"/>
Encima del N.F.	<input checked="" type="checkbox"/>	Bombeo	<input type="checkbox"/>
Artisanismo	<input type="checkbox"/>	Recuperación	<input type="checkbox"/>
		Rebajamiento	<input type="checkbox"/>

CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

ENSAYO A NIVEL CONSTANTE

$l/\phi = 0 \quad K = Q / \Delta h \phi \pi$
 $l/\phi \leq 2 \quad K = Q / \Delta h \phi 2\pi \sqrt{l/\phi + 1/4}$
 $l/\phi > 2 \quad K = Q \log \frac{l}{2\pi \Delta h l}$

Donde: Q = Caudal (cm³/s)
 Ø = Diametro de perforación (cm)
 l = Longitud del tramo de ensayo (cm)
 k = Coeficiente de permeabilidad (cm/s)
 Δh = Sobrecarga hidráulica (m)

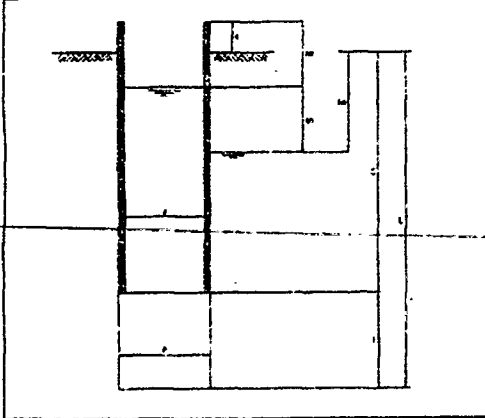
GRADO DE PERMEABILIDAD	Valor de K (cm/s)
Elevada	Superior a 10 ⁻¹
Meda	12 ⁻¹ a 10 ⁻³
Baja	10 ⁻³ a 10 ⁻⁵
Muy Baja	10 ⁻⁵ a 10 ⁻⁷
Prácticamente Impesmeable	Menor a 10 ⁻⁷

ROBERTO TELLO BAR
 INGENIERO CIVIL
 C.I.F. 87846

OBSERVACIONES:	Caudal (Q):	0,03	cm ³ /s
Material rocoso medianamente fracturada con un coeficiente de permeabilidad baja	Coefficiente de forma (c):	122,03	cm
	Permeabilidad (k):	3,46E-06	cm/s

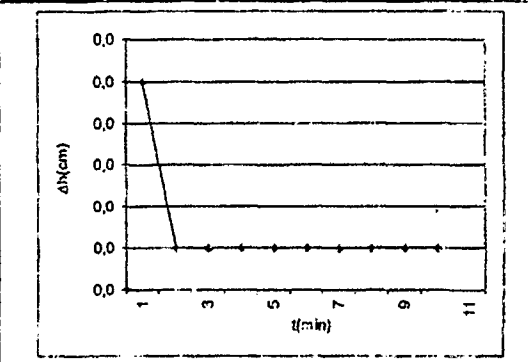
PROYECTO: Construcción Sistema de Irrigación Caralcería Pampa - Huamanga
 CLIENTE: Municipalidad Distrital de Huamanga
 Fecha: 08-12-12 Hr. Inicio: 14:00 Hr. Fin: 16:00
 Registrado: MC Revisado: RTB

SONDEO: Agua Variable a N°
 ENSAYO: 3
 TRAMO: 8.00 - 15.00m
 HOJA: 3



a	Altura revest. sobre nivel del terreno	0.39	m
ha	Profundidad nivel freático	6.42	m
C	Profundidad de la zapata	14.40	m
L	Profundidad de la perforación	14.50	m
Δh	Sobrecarga hidráulica	81.00	cm
d	Diametro interior del revestimiento (HQ)	7.62	cm
Ø	Diametro perforación (HO)	7.62	cm
l	Longitud de tramo de ensayo		
	Antes del ensayo	50.00	cm
	Cobertura con Filtro		cm
ho	Profundidad inicial del agua (t=0)		m
hn	prof. Nivel de agua en tn		
t	tiempo de medición		

NIVEL VARIABLE			NIVEL CONSTANTE			
t (min)	h _v (cm)	Δh (cm)	Lectura	q	Lectura	q
0			410.0			
1			410.01	0.0		
2			410.01	0.0		
3			410.01	0.0		
4			410.01	0.0		
5			410.01	0.0		
6			410.01	0.0		
7			410.01	0.0		
8			410.01	0.0		
9			410.01	0.0		
10			410.01	0.0		
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						



TIPO DE ENSAYO			
Debajo del N.F.		Infiltración	X
Encima del N.F.	X	Bombeo	
Artesianismo		Recuperación	
		Rebajamiento	

CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

ENSAYO A NIVEL CONSTANTE

$$\psi < 1 \quad K = \frac{Q}{\Delta h \phi \pi}$$

$$1 < \psi < 2 \quad K = \frac{Q}{\Delta h \phi 2\pi \sqrt{l(\phi + 1/4)}}$$

$$\psi > 2 \quad K = \frac{Q}{\log \frac{l}{r}} / 2\pi \Delta h l$$

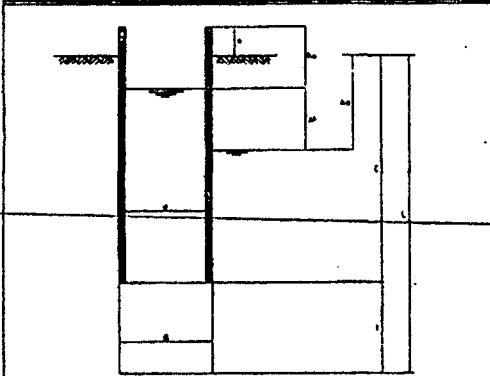
Donde: Q = Caudal (cm³/s)
 Ø = Diametro de perforación (cm)
 l = Longitud del tramo de ensayo (cm)
 k = Coeficiente de permeabilidad (cm/s)
 Δh = Sobrecarga hidráulica (m)

GRADO DE PERMEABILIDAD	Valor de K (cm/s)
Elevada	Superior a 10 ⁻¹
Media	10 ⁻¹ a 10 ⁻³
Baja	10 ⁻³ a 10 ⁻⁵
Muy Baja	10 ⁻⁵ a 10 ⁻⁷
Prácticamente Impermable	Menor a 10 ⁻⁷

[Signature]
 ROBERTO TELLO BARBARAN
 INGENIERO CIVIL
 C.I.F. 67646

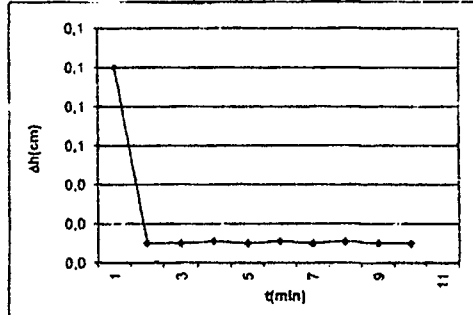
OBSERVACIONES:	Caudal (Q):	0.02	cm ³ /s
Material rocoso medianamente fracturado con un coeficiente de permeabilidad baja	Coeficiente de forma (c):	122.03	cm
	Permeabilidad (k):	2.36E-06	cm/s

PROYECTO: Construcción Sistema de Irrigación Caracorra Pampa - Huamanguilla			SONDEO: Pozo Verificación N°2
CLIENTE: Municipalidad Distrital de Huamanguilla			ENSAYO: I
Fecha: 11-12-12	Hr. Inicio: 11:30	Hr. Fin: 12:15	TRAMO: 0.60 - 8.00m
Registrado: VIC	Revisado: RTB	HOJA: I	



a	Altura revest. sobre nivel del terreno	0.40	m
ha	Profundidad nivel freático	0.32	m
C	Profundidad de la zapata	7.50	m
L	Profundidad de la perforación	8.00	m
dh	Sobrecarga hidráulica	72.00	cm
d	Diametro interior del revestimiento (HQ)	7.62	cm
Ø	Diametro perforación (HQ)	7.62	cm
l Longitud de tramo de ensayo			
	Antes del ensayo	50.00	cm
	Cobertura con Filtro		cm
ho	Profundidad inicial del agua (t=0)		m
hn	prof. Nivel de agua en tn		
t	tiempo de medición		

NIVEL VARIABLE			NIVEL CONSTANTE			
t (cm)	h _n (cm)	Δh (cm)	Lectura	q	Lectura	q
0			518.0			
1			518.10	0.1		
2			518.11	0.0		
3			518.12	0.0		
4			518.13	0.0		
5			518.14	0.0		
6			518.15	0.0		
7			518.16	0.0		
8			518.17	0.0		
9			518.18	0.0		
10			518.19	0.0		
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						



TIPO DE ENSAYO			
Debajo del N.F.	<input type="checkbox"/>	Infiltración	<input checked="" type="checkbox"/>
Encima del N.F.	<input checked="" type="checkbox"/>	Bombeo	<input type="checkbox"/>
Artesianismo	<input type="checkbox"/>	Recuperación	<input type="checkbox"/>
		Rebajamiento	<input type="checkbox"/>

CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

ENSAYO A NIVEL CONSTANTE

$$1/\phi = 0 \quad K = Q / \Delta h \phi \pi$$

$$1/\phi \leq 2 \quad K = Q / \Delta h \phi 2\pi \sqrt{1/\phi + 1/4}$$

$$1/\phi > 2 \quad K = Q \log \frac{2l}{\phi} / 2\pi \Delta h l$$

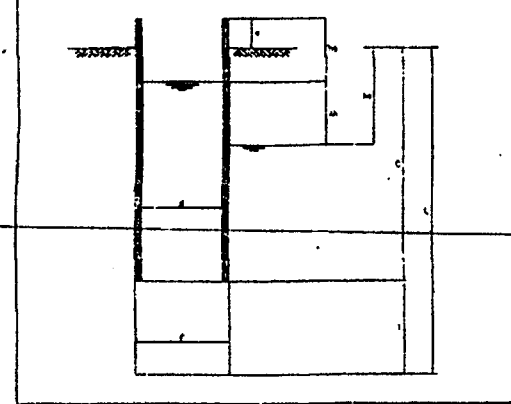
Donde: Q = Caudal (cm³/s)
 Ø = Diametro de perforación (cm)
 l = Longitud del tramo de ensayo (cm)
 k = Coeficiente de permeabilidad (cm/s)
 Δh = Sobrecarga hidráulica (m)

GRADO DE PERMEABILIDAD	Valor de K (cm/s)
Favulosa	Superior a 10 ⁻¹
Buena	10 ⁻¹ a 10 ⁻²
Regular	10 ⁻² a 10 ⁻³
Poco Buena	10 ⁻³ a 10 ⁻⁴
Falta de Permeabilidad	Menor a 10 ⁻⁴

ROBERTO TELLO BARBARAN
 INGENIERO CIVIL

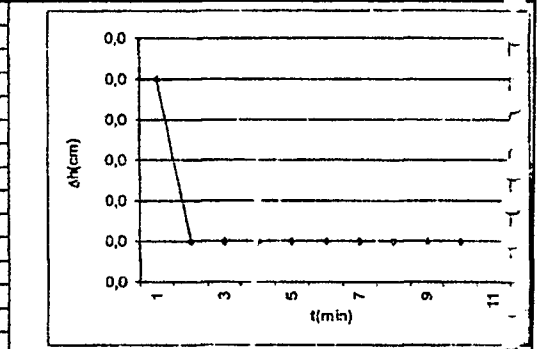
OBSERVACIONES:	Caudal (Q):	0.3	cm ³ /s
Material rocoso medianamente fracturada con un coeficiente de permeabilidad baja	Coefficiente de forma (c):	122.03	cm
	Permeabilidad (k):	3.66E-05	cm/s

PROYECTO: Construcción Sistema de Irrigación Caracera Pampa - Huamanguillo		SONDEO: Pozo Vertical
CLIENTE: Municipalidad Distrital de Huamanguillo		ENSAYO: 2
Fecha: 11-12-12	Hr. Inicio: 14:30	Hr. Fin: 15:30
Registrado: MC	Revisado: RTB	TRAMO: 8.00 - 15.00m
		HOJA: 2



a	Altura revest. sobre nivel del terreno	8.40	m
Ia	Profundidad nivel freático	0.68	m
C	Profundidad de la zapata	14.50	m
L	Profundidad de la perforación	15.00	m
Δh	Sobrecarga hidráulica	108.00	cm
d	Diametro interior del revestimiento (HQ)	7.62	cm
Ø	Diametro perforación (HQ)	7.62	cm
Longitud de tramo de ensayo			
	Antes del ensayo	50.00	
	Cobertura con Filtro		
h ₀	Profundidad inicial del agua (t=0)		
h _n	prof. Nivel de agua en tn		
t	tiempo de medición		

NIVEL VARIABLE			NIVEL CONSTANTE			
(min)	h _n (cm)	Δh(cm)	Lectura	q	Lectura	q
0			530.01	0.0		
1			530.01	0.0		
2			530.01	0.0		
3			530.01	0.0		
4			530.01	0.0		
5			530.01	0.0		
6			530.01	0.0		
7			530.01	0.0		
8			530.01	0.0		
9			530.01	0.0		
10			530.01	0.0		
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						



T.P.C DE ENSAYO

Debajo del N.F.	<input type="checkbox"/>	Infiltración	<input checked="" type="checkbox"/>
Encima del N.F.	<input checked="" type="checkbox"/>	Bombeo	<input type="checkbox"/>
Artesianismo	<input type="checkbox"/>	Recuperación	<input type="checkbox"/>
		Rebajamiento	<input type="checkbox"/>

CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

ENSAYO A NIVEL CONSTANTE

$$V/\phi < 0 \quad K = Q / \Delta h \phi \pi$$

$$V/\phi \leq 2 \quad K = Q / \Delta h \phi 2\pi \sqrt{l/\phi + 1/4}$$

$$V/\phi > 2 \quad K = Q \log \frac{2l}{\phi} / 2\pi \Delta h l$$

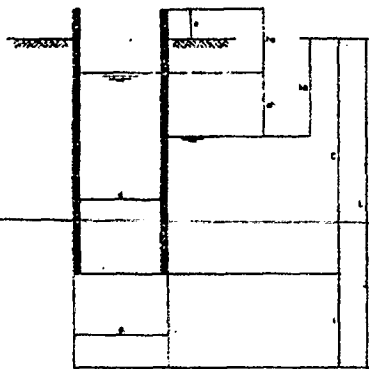
Donde: Q = Caudal (cm³/s)
 Ø = Diametro de perforación (cm)
 l = Longitud del tramo de ensayo (cm)
 k = Coeficiente de permeabilidad (cm/s)
 Δh = Sobrecarga hidráulica (m)

GRADO DE PERMEABILIDAD	Valor de (c) (s)
Elevada	Superior a 10 ⁻¹
Media	10 ⁻¹ a 10 ⁻³
Baja	10 ⁻³ a 10 ⁻⁵
Muy Baja	10 ⁻⁵ a 10 ⁻⁷
Prácticamente impermeable	Menor a 10 ⁻⁷

OBSERVACIONES: Material rocoso medianamente fracturada con un coeficiente de permeabilidad baja	Caudal (Q):	0.02
	Coefficiente de forma (c):	122.03
	Permeabilidad (k):	1.77E-06

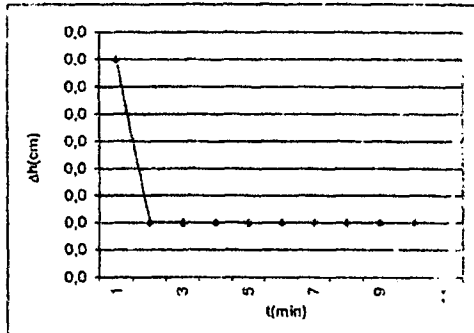
ROBERTO TELLO BARRIOS
 INGENIERO CIVIL
 C.I.E. 67246

PROYECTO: Construcción Sistema de Irrigación Carnicería Pampa - Huamanguilla				SONDEO: Pazo Verificación N°2
CLIENTE: Municipalidad Distrital de Huamanguilla				ENSAYO: 3
Fecha: 10-12-12	Hr. Inicio: 17:00	Hr. Fin: 19:00	TRAMO: 15.00 - 20.00m	
Registrado: NIC	Revisado: RTB	HOJA: 3		



a	Altura nivel sobre nivel del terreno	0.41	m
h ₀	Profundidad nivel freático	0.57	m
C	Profundidad de la zapata	15.00	m
L	Profundidad de la perforación	17.60	m
Δh	Sobrecarga hidráulica	97.00	cm
d	Diámetro interior del revestimiento (HQ)	7.62	cm
Ø	Diámetro perforación (HQ)	7.62	cm
l	Longitud de tramo de ensayo		
	Antes del ensayo	160.00	cm
	Cobertura con Filtro		cm
h ₀	Profundidad inicial del agua (t=0)		m
h _n	prof. Nivel de agua en tn		
t	tiempo de medición		

NIVEL VARIABLE			NIVEL CONSTANTE			
t (min)	h _n (cm)	Δh (cm)	Lectura	q	Lectura	q
0			550.0			
1			550.00	0,0		
2			550.01	0,0		
3			550.01	0,0		
4			550.01	0,0		
5			550.01	0,0		
6			550.01	0,0		
7			550.01	0,0		
8			550.01	0,0		
9			550.01	0,0		
10			550.01	0,0		
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						



TIPO DE ENSAYO	
Debajo del N.F.	<input type="checkbox"/> Infiltración
Encima del N.F.	<input checked="" type="checkbox"/> Bombeo
Artisanal: no	<input type="checkbox"/> Recuperación
	<input type="checkbox"/> Rebajamiento

CALCULO DE COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

ENSAYO A NIVEL CONSTANTE

$l/\phi < 0 \quad K = Q / \Delta h \phi \pi$

$l/\phi \leq 2 \quad K = Q / \Delta h \phi 2\pi \sqrt{l/\phi + 1/4}$

$l/\phi > 2 \quad K = Q \log \frac{2l}{\phi} / 2\pi \Delta h l$

Donde: Q = Caudal (cm³/s)
 Ø = Diámetro de perforación (cm)
 l = Longitud del tramo de ensayo (cm)
 k = Coeficiente de permeabilidad (cm/s)
 Δh = Sobrecarga hidráulica (m)

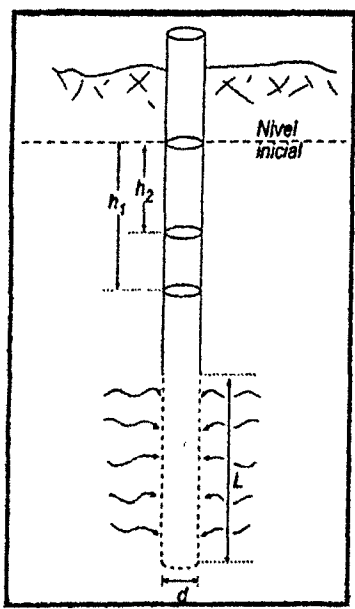
X

GRADO DE PERMEABILIDAD	Valor de K (cm/s)
Elevada	Superior a 10 ⁻¹
Medio	10 ⁻¹ a 10 ⁻³
Baja	10 ⁻³ a 10 ⁻⁵
Muy Baja	10 ⁻⁵ a 10 ⁻⁷
Prácticamente impermeable	Menor a 10 ⁻⁷

ROBERTO TELLO BARBARÁN
 INGENIERO CIVIL
 C.I.P. 87816

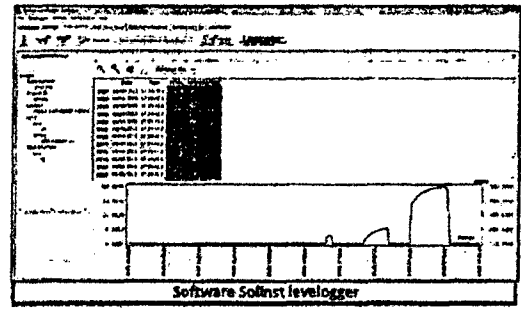
OBSERVACIONES:	Caudal (Q):	0,02	cm ³ /s
Material rocoso medianamente fracturada con un coeficiente de permeabilidad baja	Coefficiente de forma (c):	268,98	cm
	Permeabilidad (k):	8,30E-07	cm/s

PROYECTO: Construcción Sistema de Irrigación Carnecería Parapa - Huamanga	SONDEO: Pozo Verificación N° 4
CLIENTE: Municipalidad de Huamanga - Ayacucho	ENSAYO: 1
FECHA: 05/09/2013 Hr. Inicio: 05:10 p.m. Hr. Fin: 05:11 p.m.	TRAMO: 0.00 a 1.54 mt.
Registrado: JCSM Revisado: ROBERTO TELLO B.	HOJA: 1



$$K = \frac{d^2 \ln(2L/d)}{8 L t} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

- K = Conductividad Hidráulica
- h1, h2 = Altura del agua al principio y al fin del ensayo (se usa el software sofinst levelogger)
- t = Tiempo transcurrido entre la observación de los niveles h1 y h2
- L = Longitud de la zona filtrante
- d = Diámetro de la zona filtrante



h1= 0.1311 m
h2= 0.13088 m
t= 10 s
L= 3 m
d= 0.08 m

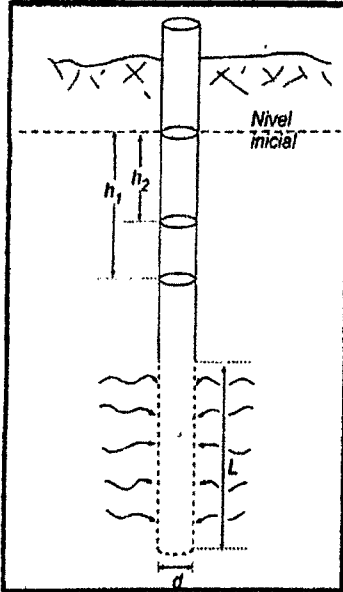
GRADO DE PERMEABILIDAD	Valor de K (cm/s)
Elevada	Superior a 10 ⁻¹
Meda	10 ⁻¹ a 10 ⁻³
Baja	10 ⁻³ a 10 ⁻⁵
Muy Baja	10 ⁻⁵ a 10 ⁻⁷
Prácticamente Impermeable	Menor a 10 ⁻⁷

K = 1.208E-07 m/s
K = 1.30E-05 cm/s

ROBERTO TELLO BARBARA
INGENIERO CIVIL
CIP. 67848

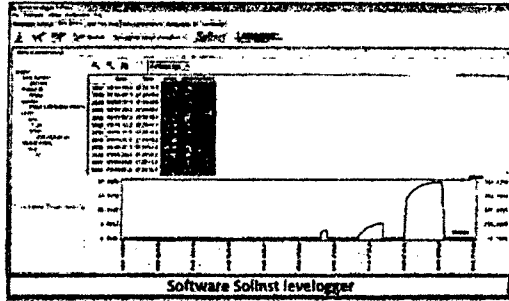
ROBERTO TELLO BARBARA
INGENIERO CIVIL
CIP. 67848

PROYECTO: Construcción Sistema de Irrigación Caracera Pampa - Huamanguilla	SONDEO: Pozo Verificación N° 3
CLIENTE: Municipalidad de Huamanguilla - Ayacucho	ENSAYO: 1
FECHA: 05/09/2013 Hr. Inicio: 05:19 p.m. Hr. Fin: 05:25 p.m.	TRAMO: 0.00 a 2.00 m.
Registrado: JCSM Revisado: ROBERTO TELLO B.	HOJA: 1



$$K = \frac{d^2 \ln(2L/d)}{8 L t} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

- K = Conductividad Hidráulica
- h1, h2 = Altura del agua al principio y al fin del ensayo (se usa el software solinst levellogger)
- t = Tiempo transcurrido entre la observación de los niveles h1 y h2
- L = Longitud de la zona filtrante
- d = Diámetro de la zona filtrante



h1= 0.2489 m
 h2= 0.2474 m
 t = 10 s
 L = 2 m
 d = 0.09 m

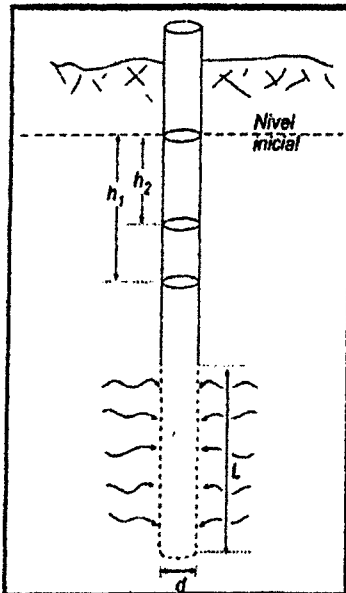
GRADO DE PERMEABILIDAD	Valor de K (cm/s)
Elevada	Superior a 10 ⁻¹
Meda	10 ⁻¹ a 10 ⁻³
Baja	10 ⁻³ a 10 ⁻⁵
Muy Baja	10 ⁻⁵ a 10 ⁻⁷
Prácticamente Impermeable	Menor a 10 ⁻⁷

K = 1.831E-08 m/s
 K = 1.83E-04 cm/s


ROBERTO TELLO BARBAR
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 67846


ROBERTO TELLO BARBAR
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 67846

PROYECTO: Construcción Sistema de Irrigación Caracatería Pampa - Huamangulla	BONDEO: Pozo Verificativo N° 3
CLIENTE: Municipalidad de Huamangulla - Ayacucho	ENSAYO: 2
FECHA: 05/09/2013 Hr. Inicio: 05:30 p.m. Hr. Fin: 05:38 p.m.	TRAMO: 0.00 a 10.00 mt.
Registrado: JCSM Revisado: ROBERTO TELLO B.	HOJA: 1



$$K = \frac{d^2 \ln(2L/d)}{8 L t} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

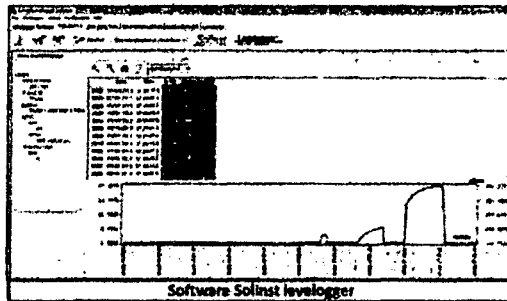
K = Conductividad Hidráulica

h1, h2 = Altura del agua al principio y al fin del ensayo (se usa el software solinst levelogger)

t = Tiempo transcurrido entre la observación de los niveles h1 y h2

L = Longitud de la zona filtrante

d = Diámetro de la zona filtrante



h1 = 0.851 m
h2 = 0.8485 m
t = 10 s
L = 2 m
d = 0.09 m

K = 2.83E-07 m/s
K = 2.83E-06 cm/s

GRADO DE PERMEABILIDAD	Valor de K (cm/s)
Elevada	Superior a 10 ⁻¹
Meda	10 ⁻¹ a 10 ⁻³
Baja	10 ⁻³ a 10 ⁻⁵
Muy Baja	10 ⁻⁵ a 10 ⁻⁷
Prácticamente Impermeable	Menor a 10 ⁻⁷

ROBERTO TELLO BARBAR
INGENIERO CIVIL
CIP. 67846

ROBERTO TELLO BARBAR
INGENIERO CIVIL
CIP. 67846

ENSAYO PERMEABILIDAD DE AGUA A PRESION (LUGEON)

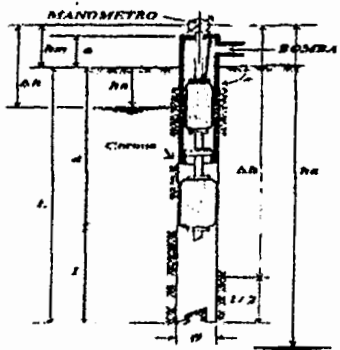


PROYECTO: *Construcción Sistema de Irrigación Canalrte Pampa - Huancapalla*

PROF DE ENLAZO DE: 14.64 A 17.00 =
 FONDO N° P-03
 FECHA: 04/09/2012 14:00:00 PER 16:00

AREA: _____
 LITOLOG. DEL TRAMO: _____

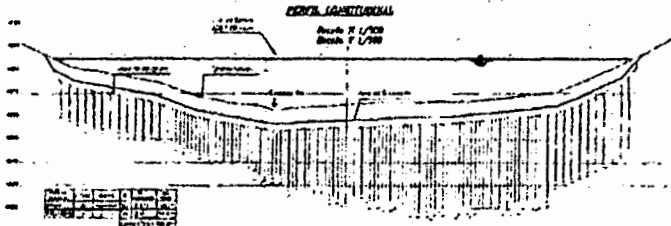
ENLAZO N° LUG-01



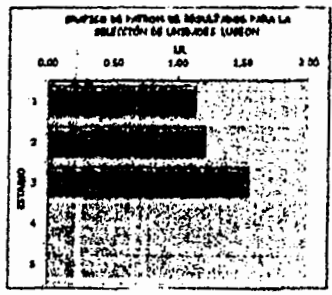
- Hm = ALTURA DEL MANOMETRO 0.80 m
- H = ALTURA SOBRE NIVEL DEL TIERRON 1.36 m
- Ah = PROFUNDIDAD NIVEL PRESATICO 0.00 m
- Ah = SOBRECARGA HIDRAULICA 1.36 m
- d = PROFUNDIDAD DEL OBTURADOR 14.64 m
- L = PROFUNDIDAD DE PERFORACION 17.00 m
- s = DIAGONAL EN CIRCUNFERENCIA 90 m
- dA = AL CORONA = s + Ah = 2.16 m
- l = LONGITUD TRAMO DE ENLAZO 2.36 m
- O = DIAMETRO DEL BUELO DEL ENLAZO 9.63 cm
- e = DIAMETRO DE LA TUBERIA DE ENLAZO 7.62 cm
- PH = PRESION MANOMETRICA
- PEF = PRESION EFECTIVA EN EL PUNTO MEDIO DEL TRAMO DEL ENLAZO
- dp = PRESIONES DE CARGA
- q = VOLUMEN DE AGUA EN LITROS POR MINUTO DURANTE EL ENLAZO
- qt = VOLUMEN TOTAL DE AGUA EN LITROS PARA CADA ESTADO
- Q = CALIDAD EN LITROS POR MINUTO POR LA CADA ESTADO
- U = CALIDAD EN LITROS POR MINUTO POR M DE TRAMO DE ENLAZO
- LZ = UNIDAD LUGEON (q x l / Pm)

TABLA CONVERSION DE UNIDADES

M.C.A	kg/cm ²	Kgf	PSI
A	B	C	D
Factor	0.1 x A	8.81 x A	0.145037 x C
5	0.5	48.00	7.11
10	1	88.1	14.23
15	1.5	147.15	21.34
20	2	186.2	28.46
25	2.5	245.25	35.57
30	3	294.3	42.69
35	3.5	343.35	49.80
40	4	382.4	56.91
45	4.5	441.45	64.03
50	5	480.5	71.14



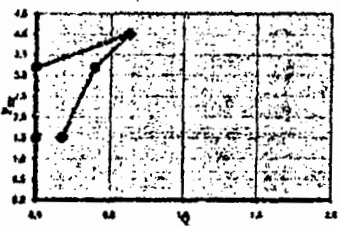
LECTURA CAPILAR	Pm = 1.20		Pm = 2.20		Pm = 4.00		Pm = 7.20		Pm = 1.32	
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
0	537.8	530.0	561.5	563.0	564.5	565.9	567.3	568.7	570.2	571.7
1	537.5	551.0	561.5	563.0	564.5	565.9	567.3	568.7	570.2	571.7
2	538.9	551.9	563.0	564.5	564.5	565.9	567.3	568.7	570.2	571.7
3	538.4	552.9	564.5	565.9	565.9	567.3	568.7	570.2	571.7	573.2
4	538.4	553.6	565.9	567.3	567.3	568.7	570.2	571.7	573.2	574.7
5	539.2	554.7	567.3	568.7	568.7	570.2	571.7	573.2	574.7	576.2
6	539.7	555.6	568.7	570.2	570.2	571.7	573.2	574.7	576.2	577.7
7	540.1	556.6	570.2	571.7	571.7	573.2	574.7	576.2	577.7	579.2
8	540.4	557.5	571.7	573.2	573.2	574.7	576.2	577.7	579.2	580.7
9	540.7	558.4	573.2	574.7	574.7	576.2	577.7	579.2	580.7	582.2
10	541.1	559.2	574.7	576.2	576.2	577.7	579.2	580.7	582.2	583.7
q (l)	0.40	0.20	0.92	1.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
qt (litros)	0.40	0.20	0.92	1.47	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Q (litros/m)	0.17	0.19	0.62	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CH (litros/10)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pm (litros/m)	1.50	3.20	4.00	3.20	1.50	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
UL	1.14	1.11	1.56	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00



UNIDAD LUGEON SELECCIONADA 1.14 UL
 K (PERMEABILIDAD) 1.49E-05 cm/s

$P_{EF} = (P_m - dp) + CH$

REPRESENTACION GRAFICA



CONCLUSIONES

Los resultados en este ensayo prueban la impermeabilidad, favorable, ver UL de 1-2

TIPO DE MACIZO	UNIDADES LUGEON	PRESION (kg/cm ²)
Muy impermeable	0-1	10
Prácticamente impermeable	1-2	10
Permeable	>3	5
Muy Permeable	>5	5

Falso SUPERVISOR

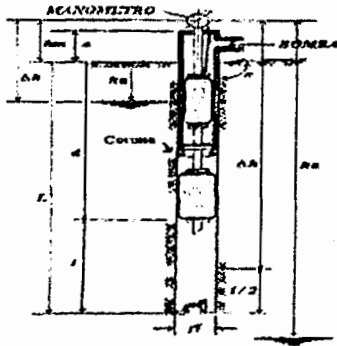
Falso RESIDENTE
 INGESONDEX PERU S.A.C

ROBERTO TELLO BARBARA
 INGENIERO CIVIL
 CIP. 67846

ENSAYO PERMEABILIDAD DE AGUA A PRESION (LUGEON)



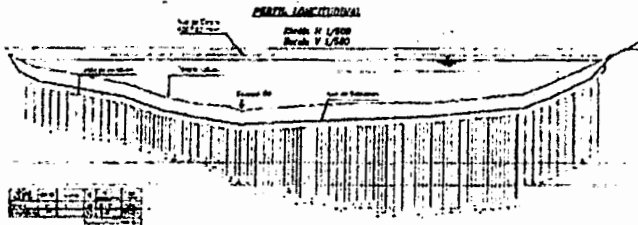
PROYECTO: Construcción Sistema de Irrigación Carrión de Paque - Huancapallita	PROP. DE ENSAYO DE: 14.44 A 17.06 m FECHA: 26 de Julio de 1988 INICIO: 15:00 FIN: 16:00	BOMBEO N°: P-03 ENSAYO N°: LUG-01-01
ÁREA: _____ LITOLÓG. DEL TRAMO: _____		



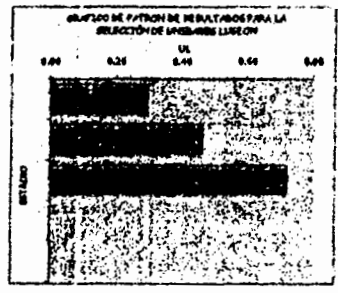
h _m = ALTURA DEL MANOMÉTRICO a = ALTURA SOBRE NIVEL DEL TERMINO h _e = PROFUNDIDAD NIVEL FREÁTICO Δh = SOBRECARGA HIDRÁULICA d = PROFUNDIDAD DEL OBTURADOR L = PROFUNDIDAD DE PERFORACION α = DECLINACION HORIZONTAL ΔH = Δh CORREGIDA - Δh α α l = LONGITUD TRAMO DE ENSAYO Ø = DIÁMETRO DEL TALRO DEL OBLAYO ø = DIÁMETRO DE LA TUBERÍA DE OBLAYO P ₁₁ = PRESION MANOMÉTRICA P ₂₁ = PRESION MANOMÉTRICA EN EL PUNTO MEDIO DEL TRAMO DE ENSAYO P ₃₁ = PRESION DE CARGA q = VOLUMEN DE AGUA EN LITROS POR MINUTO DURANTE EL OBLAYO Q = VOLUMEN TOTAL DE AGUA EXPULSION PARA CADA OBLAYO Q ₁ = CAUDAL EN LITROS POR MINUTO PARA CADA OBLAYO Q ₂ = CAUDAL EN LITROS POR MINUTO POR M DE TRAMO DE ENSAYO UL = UNIDAD LUGEON (Q x 10 / P ₃₁)	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>0.80</td><td>m</td></tr> <tr><td>1.35</td><td>m</td></tr> <tr><td>0.00</td><td>m</td></tr> <tr><td>1.35</td><td>m</td></tr> <tr><td>14.64</td><td>m</td></tr> <tr><td>17.00</td><td>m</td></tr> <tr><td>50</td><td>m</td></tr> <tr><td>1.35</td><td>m</td></tr> <tr><td>2.35</td><td>m</td></tr> <tr><td>9.65</td><td>m</td></tr> <tr><td>7.62</td><td>m</td></tr> </table>	0.80	m	1.35	m	0.00	m	1.35	m	14.64	m	17.00	m	50	m	1.35	m	2.35	m	9.65	m	7.62	m
0.80	m																						
1.35	m																						
0.00	m																						
1.35	m																						
14.64	m																						
17.00	m																						
50	m																						
1.35	m																						
2.35	m																						
9.65	m																						
7.62	m																						

TABLA CONVERSION DE UNIDADES

MCA	kg/cm ²	kg/cm ²	psi
A	B	C	D
Pa/cm ²	01 x A	0.14027 x C	
5	0.5	48.05	7.11
10	1	96.1	14.22
15	1.5	144.15	21.34
20	2	192.2	28.46
25	2.5	240.25	35.57
30	3	288.3	42.69
35	3.5	336.35	49.80
40	4	384.4	56.91
45	4.5	432.45	64.03
50	5	480.5	71.14



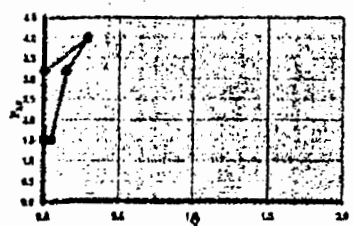
	LECTURA CAPITAL	P ₁₁ = 4.90		P ₂₁ = 3.20		P ₃₁ = 4.90		P ₃₁ = 3.20		P ₃₁ = 1.50	
		cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
0	537.0		500.0		500.0		500.0		500.0		500.0
1	537.5	0.50	501.0	0.95	501.5	1.50	501.5		501.5		501.5
2	538.0	0.45	501.5	0.95	502.0	1.50	502.0		502.0		502.0
3	538.4	0.45	502.0	0.95	502.5	1.50	502.5		502.5		502.5
4	538.8	0.40	502.5	0.90	503.0	1.40	503.0		503.0		503.0
5	539.2	0.40	503.0	0.95	503.5	1.40	503.5		503.5		503.5
6	539.7	0.45	503.5	0.90	504.0	1.40	504.0		504.0		504.0
7	540.1	0.40	504.0	0.95	504.5	1.30	504.5		504.5		504.5
8	540.4	0.35	504.5	0.90	505.0	1.30	505.0		505.0		505.0
9	540.7	0.25	504.4	0.90	504.9	1.30	504.9		504.9		504.9
10	541.1	0.40	504.2	0.85	504.7	1.30	504.7		504.7		504.7
q (1)	4.05		3.20		14.70		0.00		0.00		0.00
q (1)	0.40		0.92		1.47		0.00		0.00		0.00
q Estacion	0.18		0.18		0.18						
q Resaca Leche	0.35		0.35		0.35						
q promedio	0.83		1.10		1.32						
q promedio	0.10		0.33		0.68						
Q (litros/m)	0.04		0.15		0.35		0.00		0.00		0.00
Δp (kg/cm ²)	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00
Ch (cm/h)	0.00		0.00		0.00		0.00		0.00		0.00
P ₃₁ (kg/cm ²)	1.50		3.20		4.00		3.20		1.50		0.00
UL	0.38		0.46		0.77		0.88		0.88		0.00



UNIDAD LUGEON SELECCIONADA: **0.38 UL**
 K (PERMEABILIDAD): **3.84E-06 cm/s**

$P_{31} = (P_{11} \cdot h_p) \cdot Ch$

REPRESENTACION GRAFICA



TIPO DE MACIZO	UNIDADES LUGEON	PRESION (kg/cm ²)
Muy Impermeable	0-1	10
Prácticamente Impermeable	1-3	10
Permeable	3-7	10
	7-15	5
Muy Permeable	15-28	5

Yo Soy SUPERVISOR

Yo Soy PRESIDENTE
 INGESONDEX PERU S.A.C.

ROBERTO TELLO BARBARA
 INGENIERO CIVIL
 C.A.B. 67286 72

ANEXO III

EQUIPOS UTILIZADOS EN LOS ENSAYOS

ENSAYO LEFRANC

Ensayo Lefranc con nivel constante

Se utiliza en suelos permeables (K mayores que 10^{-4} cm/seg). Se introduce un caudal constante, Q , para mantener el nivel del agua dentro del sondeo estabilizado a una altura h .

El cual se controló por un caudalímetro y un cronometro.

Caudalímetro o flujómetro

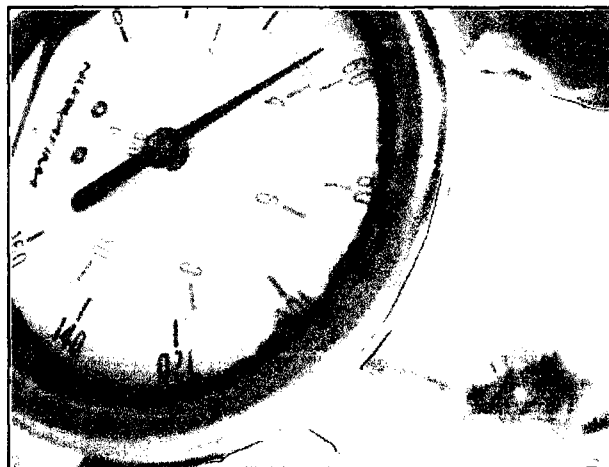
Es un instrumento de medida para la medición de caudal. Estos aparatos suelen colocarse en línea con la tubería que transporta el fluido. También suelen llamarse medidores de caudal, medidores de flujo o flujómetros. Los caudales registrados son variables



como se muestran en los cálculos de las pruebas de permeabilidad.

Manómetro

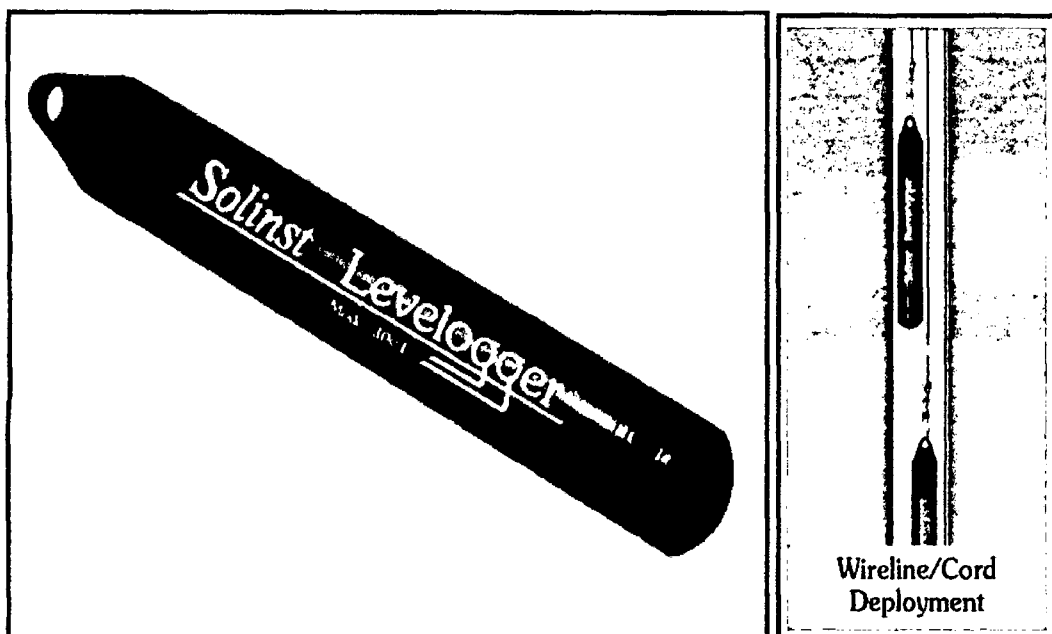
Es un instrumento de medición que sirve para medir la presión de fluidos contenidos en recipientes cerrados. La presión que se ha utilizado para las pruebas es de 56.91 psi equivalente a 40 mca.



Ensayo Lefranc con nivel variable

Se utiliza en suelos poco permeables (K menores que 10-4 cm/seg).

Para calcular las alturas h_1 y h_2 se utilizó el sensor de carga hidráulica LEVELLOGGER EDGE de la marca SOLINST, este aparato mide las diferentes alturas en un tiempo especificado (segundo, minutos y horas)



Se utilizó el software solinst Levellogger para el procesamiento de datos, los parámetros que se utilizó en los ensayos son:

- Medición de tiempo: cada 1 segundo (s).
- Medición de altura: en centímetros (cm).
- Temperatura: grados centígrados ($^{\circ}\text{C}$).

ENSAYO LUGEON

Los equipos que se utilizan para el ensayo son los siguientes

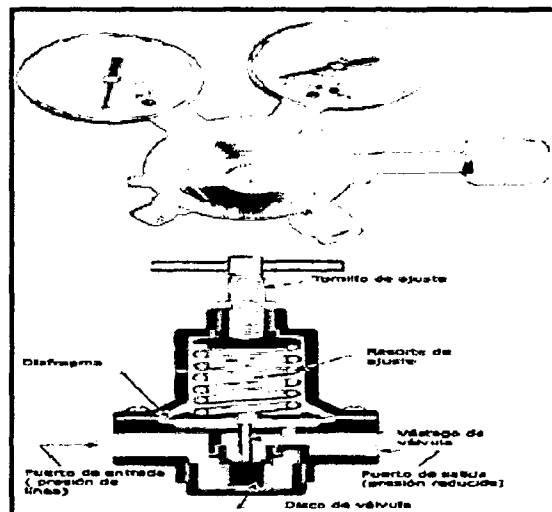
Balón de Nitrógeno

El Nitrógeno se usa para el inflar el bimbar en este caso la presión que se utiliza es 230 psi.



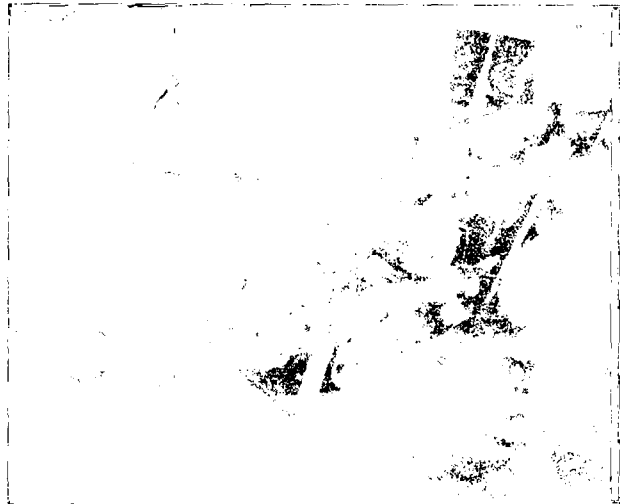
Válvula reguladora de presión

La válvula reguladora de presión es una válvula automática que reduce una presión de entrada alta a una presión de salida menor y constante, cualquiera que sea la variación en el caudal y en la presión de entrada



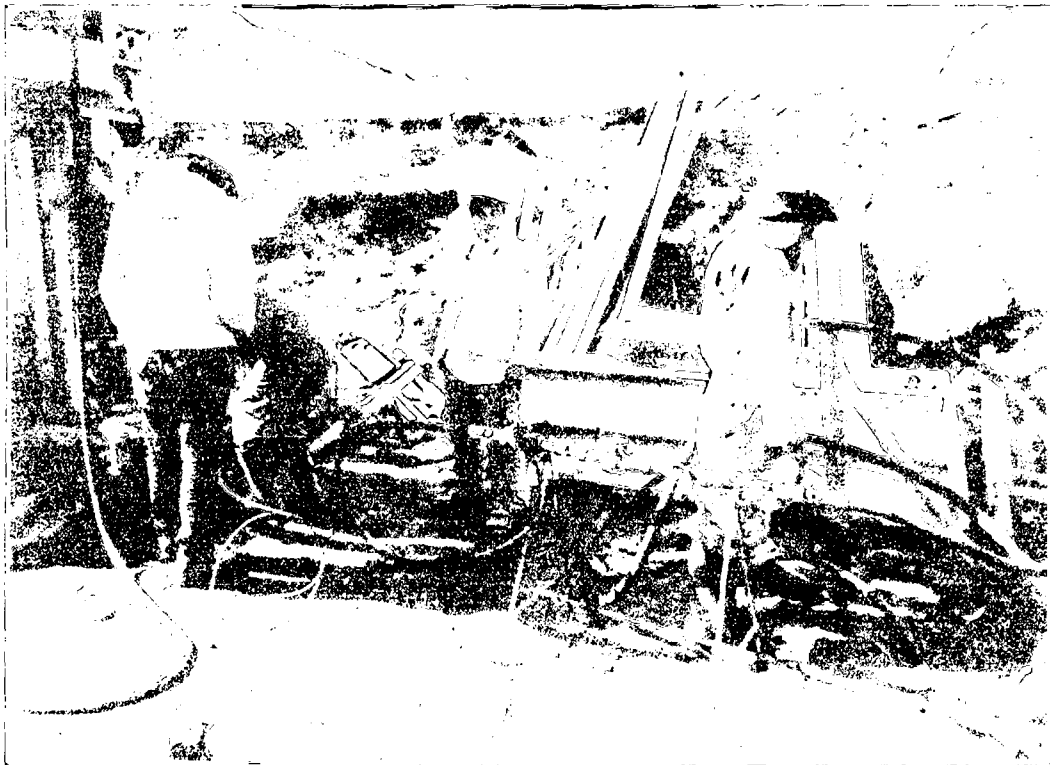
Bomba hidráulica

Las bombas hidráulicas suministran un caudal, lo más constante posible, al circuito. La presión aparece cuando el caudal suministrado por la bomba tiene que vencer algún tipo de resistencia.

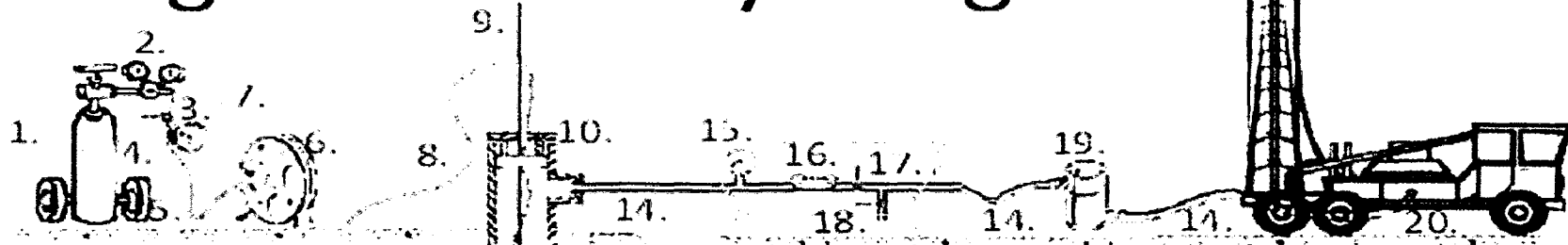


Línea de medidas presión-caudal para prueba de permeabilidad

Con esta línea se realiza las pruebas "Lugeón" inyectando agua a través de las formaciones geológicas bajo obturadores.



Vista general ensayo Lugeón



1. Balón de Nitrógeno
2. Válvula Reguladora de Presión
3. Llave Reguladora
4. Manómetro de Presión de Packer
5. Manguera de presión
6. Carrete de línea de inflación
7. Llave de drenaje (del gas)
8. Línea de inflación

9. Cable Wireline
10. Stuffing Box
11. Obturador – Packer
12. Baquelita
13. Corona – Broca
14. Manguera de presión del Agua inyectado
15. Manómetro de presión de agua
16. Caudalímetro
17. Llaves reguladora
18. Llave reguladora y de drenaje del agua
19. Estabilizador de turbulencia
20. Bomba hidráulica.

ANEXO IV

CÁLCULOS DE LAS PRUEBAS DE PERMEABILIDAD

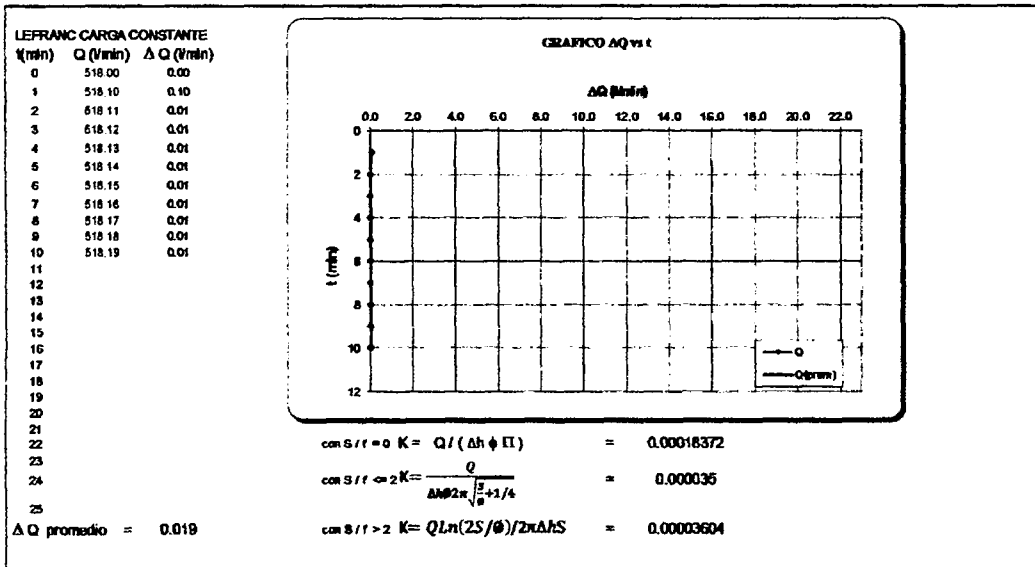


ENSAYO DE PERMEABILIDAD LEFRANC CARGA CONSTANTE

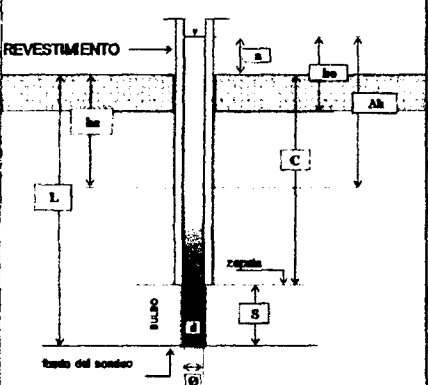
PROYECTO: PRESA CARNICERIA	PROF. DE ENBAYO (m) : 0.00 - 8.00	SONDEO N°	PV-01
CLIENTE: Munic. Distrital de Huamanguilla	FECHA : 11/12/2012	DURACION : 11:30-12:15 am	ENSAYO N°
			LF - 01

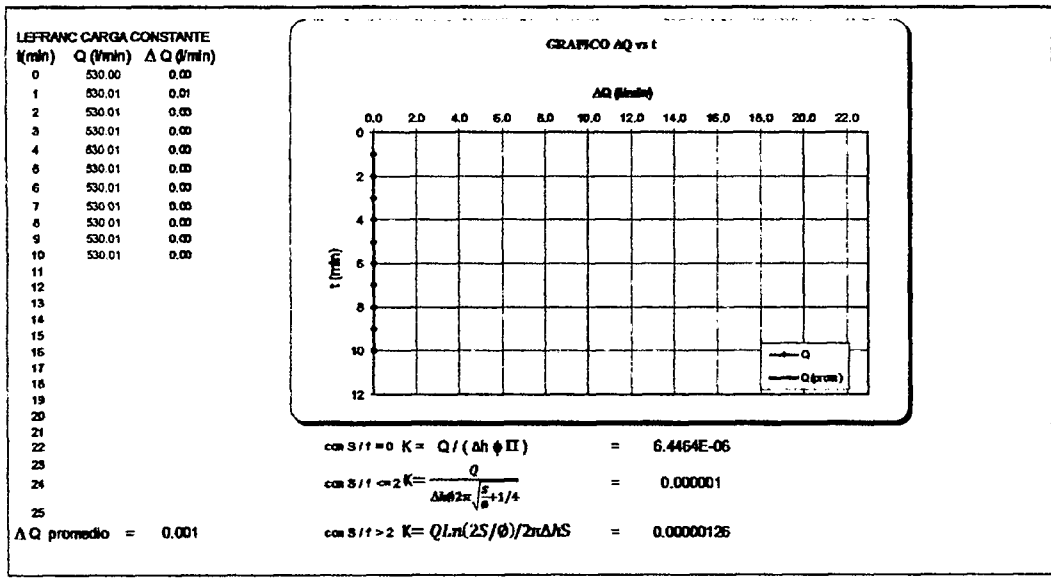
ENSAYO REALIZADO		TIPO DE ENSAYO	
ABAJA DE LA N.F.	<input checked="" type="checkbox"/>	INFILTRACION	<input checked="" type="checkbox"/>
ARRIBA DE LA N.F.	<input type="checkbox"/>	BOMBEO	<input type="checkbox"/>
CON ARTESANISMO	<input type="checkbox"/>	RECUPERACION	<input type="checkbox"/>
	<input type="checkbox"/>	REBAJAMIENTO	<input type="checkbox"/>

DATOS DE MEDICION			
a	Inclinación del sondejo c/r a la horizontal	90	°
h	Altura del agua sobre el nivel del terreno	0.4	m
h _{na}	Profundidad nivel freático	0.32	m
C	Profundidad de la zapata	7.5	m
L	Profundidad de la perforación	8	m
Δh	Sobrecarga hidráulica	72	cm
d	Diámetro interior del revestimiento (HQ)	7.82	cm
d	Diámetro perforación (HQ)	7.82	cm
S	Longitud de tramo de ensayo		
	Antes de ensayo	50	cm
	Cobertura con filtro		cm
h _o	Profundidad inicial del agua (t=0)		m
h _n	prof. Nivel de agua en tn		
t	Tiempo de medición		

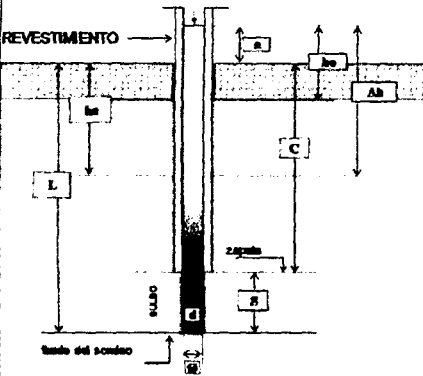


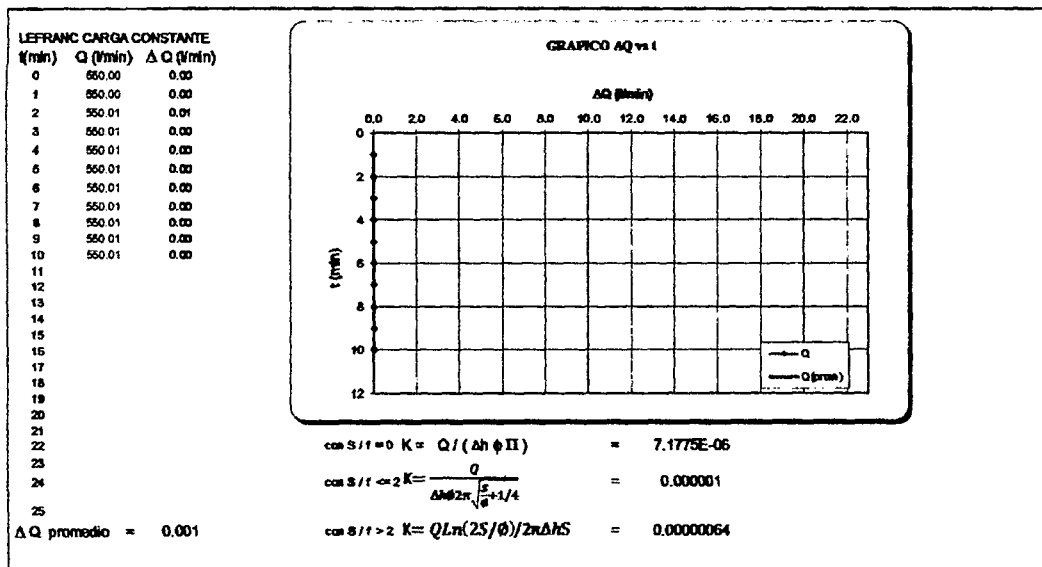
CALCULO DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD													
<p style="text-align: center;">CALCULO DEL CAUDAL</p> <p>Δ Q promedio = 0.02 l/min</p> <p>Δ Q promedio = 0.317 cm³/s</p> <hr/> <p>OBSERVACIONES :</p> <hr/> <p>LITOLOGIA DEL TRAMO :</p> <p>sin clasificación: bolones con grava y arenas con limos</p> <hr/> <p>EJECUTADO POR Va. Ba. SUPERVISOR</p>	<p style="text-align: center;">CALCULO DE K</p> <p><input type="checkbox"/> con S/φ = 0 $K = Q / (\Delta h \phi \pi)$</p> <p><input type="checkbox"/> con S/φ < 2 $K = Q / (\Delta h \phi 2\pi \sqrt{S/\phi + 1/4})$</p> <p><input type="checkbox"/> con S/φ > 2 $K = QLn\left(\frac{2S}{\phi}\right) / (2\pi \Delta h S)$</p> <p>K (PERMEABILIDAD) = 3.60E-05 cm/s.</p> <p>$K = \frac{Q}{C \cdot \Delta h}$ $C = \frac{2\pi S}{Ln\left(\frac{2S}{\phi}\right)}$ $C = 122.032$ cm (Coeficiente de forma)</p> <p>K = 3.60E-05 cm/s.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <th>GRADO DE PERMEABILIDAD</th> <th>Valor de K (cm/s)</th> </tr> <tr> <td>Elevada</td> <td>Superior a 10-1</td> </tr> <tr> <td>Medía</td> <td>10-1 a 10-3</td> </tr> <tr> <td>Baja</td> <td>10-3 a 10-5</td> </tr> <tr> <td>Muy Baja</td> <td>10-5 a 10-7</td> </tr> <tr> <td>Prácticamente impermeable</td> <td>Menor a 10-7</td> </tr> </table>	GRADO DE PERMEABILIDAD	Valor de K (cm/s)	Elevada	Superior a 10-1	Medía	10-1 a 10-3	Baja	10-3 a 10-5	Muy Baja	10-5 a 10-7	Prácticamente impermeable	Menor a 10-7
GRADO DE PERMEABILIDAD	Valor de K (cm/s)												
Elevada	Superior a 10-1												
Medía	10-1 a 10-3												
Baja	10-3 a 10-5												
Muy Baja	10-5 a 10-7												
Prácticamente impermeable	Menor a 10-7												

ENSAYO DE PERMEABILIDAD LEFRANC CARGA CONSTANTE			
PROYECTO: PRESA CARNICERIA	PROF. DE ENSAYO (m) : 8.00 - 15.00	SONDEO N°	PV-01
CLIENTE: Munic. Distrital de Huamanguila	FECHA : 11/12/2012	DURACION : 14:30-15:30 am	ENSAYO N° LF - 02
	ENSAYO REALIZADO ABAJO DE LA N.F. <input checked="" type="checkbox"/> X ARRIBA DE LA N.F. <input type="checkbox"/> CON ARTESANISMO <input type="checkbox"/>	TIPO DE ENSAYO INFILTRACION <input checked="" type="checkbox"/> X BOMBEO <input type="checkbox"/> RECUPERACION <input type="checkbox"/> REBAJAMIENTO <input type="checkbox"/>	
DATOS DE MEDICION			
α	Inclinación del sondeo c/r a la horizontal	90	°
a	Altura del agua sobre el nivel del terreno	0.4	m
h0	Profundidad nivel freático	0.68	m
C	Profundidad de la zapata	14.5	m
L	Profundidad de la perforación	15	m
Δh	Sobrecarga hidráulica	108	cm
d	Diámetro interior del revestimiento (H2)	7.62	cm
di	Diámetro perforación (H2)	7.62	cm
S	Longitud de tramo de ensayo	50	cm
	Antes de ensayo	50	cm
	Cobertura con filtro		cm
h0	Profundidad inicial del agua (t=0)		m
h1	prof. Nivel de agua en tn		m
t	Tiempo de medición		m



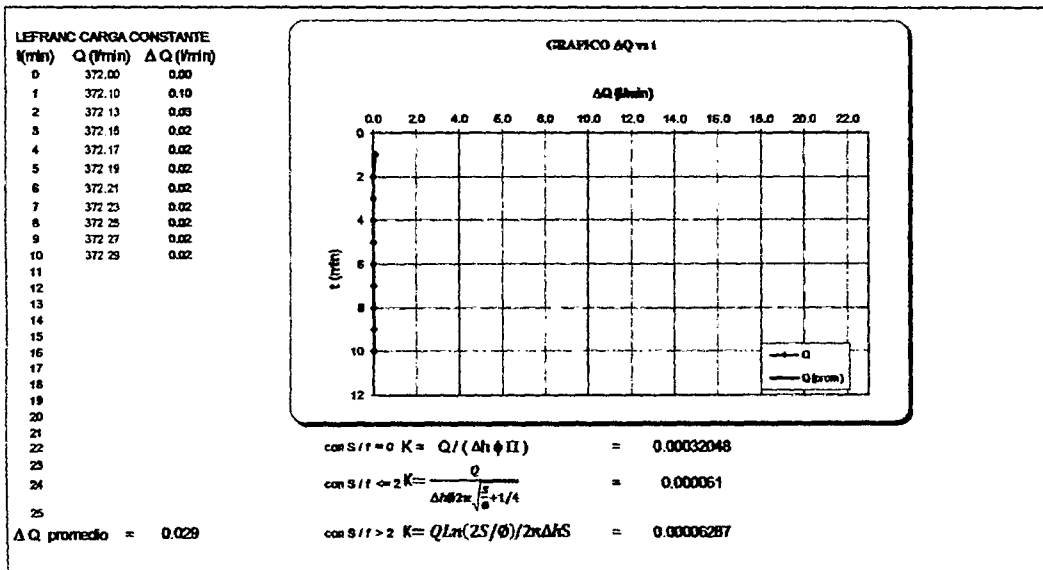
CALCULO DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD													
CALCULO DEL CAUDAL Δ Q promedio = 0.00 l/min Δ Q promedio = 0.017 cm³/s OBSERVACIONES : LITOLOGIA DEL TRAMO : sin clasificación; bolones con grava y arenas con limos	CALCULO DE K <input type="checkbox"/> con $S/\phi = 0 \quad K = Q / (\Delta h \phi \Pi)$ <input type="checkbox"/> con $S/\phi < 2 \quad K = Q / (\Delta h \phi 2\pi \sqrt{S/\phi + 1/4})$ <input type="checkbox"/> con $S/\phi > 2 \quad K = Q L \ln \left(\frac{2S}{\phi} \right) / (2 \Pi \Delta h S)$ K (PERMEABILIDAD) = 1.265E-06 cm/s. $K = \frac{Q}{C \cdot \Delta h} \quad C = \frac{2\pi S}{\ln \left(\frac{2S}{\phi} \right)} \quad C = 122.032 \text{ cm (Coeficiente de forma)}$ K = 1.265E-06 cm/s. <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>GRADO DE PERMEABILIDAD</th> <th>Valor de K (cm/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Elevada</td><td>Superior a 10-1</td></tr> <tr><td>Media</td><td>10-1 a 10-3</td></tr> <tr><td>Baja</td><td>10-3 a 10-5</td></tr> <tr><td>Muy Baja</td><td>10-5 a 10-7</td></tr> <tr><td>Prácticamente impermeable</td><td>Menor a 10-7</td></tr> </tbody> </table>	GRADO DE PERMEABILIDAD	Valor de K (cm/s)	Elevada	Superior a 10-1	Media	10-1 a 10-3	Baja	10-3 a 10-5	Muy Baja	10-5 a 10-7	Prácticamente impermeable	Menor a 10-7
GRADO DE PERMEABILIDAD	Valor de K (cm/s)												
Elevada	Superior a 10-1												
Media	10-1 a 10-3												
Baja	10-3 a 10-5												
Muy Baja	10-5 a 10-7												
Prácticamente impermeable	Menor a 10-7												
EJECUTADO POR Va. Ito. SUPERVISOR													

ENSAYO DE PERMEABILIDAD LEFRANC CARGA CONSTANTE			
PROYECTO: PRESA CARNICERIA	PROF. DE ENSAYO (m) : 15.00 - 20.00	SONDEO N° PV-01	
CLIENTE: Munic. Distrital de Huamanguila	FECHA : 10/12/2012	DURACION : 17:00-18:00 am	ENSAYO N° LF - 03
		ENSAYO REALIZADO ABAJO DE LA N.F. <input checked="" type="checkbox"/> X ARRIBA DE LA N.F. <input type="checkbox"/> CON ARTESANISMO <input type="checkbox"/>	
		TIPO DE ENSAYO INFILTRACION <input checked="" type="checkbox"/> X BOMBEO <input type="checkbox"/> RECOUPERACION <input type="checkbox"/> RESAJAMIENTO <input type="checkbox"/>	
DATOS DE MEDICION			
a	Inclinación del sondeje c/r a la horizontal	90	°
ha	Altura del agua sobre el nivel del terreno	0.4	m
hb	Profundidad nivel freático	0.57	m
C	Profundidad de la zapata	18	m
L	Profundidad de la perforación	19.6	m
Ah	Sobrecarga hidráulica	97	cm
d	Diámetro interior del revestimiento (IIC)	7.62	cm
φ	Diámetro perforación (IIC)	7.62	cm
S	Longitud de tramo de ensayo		
	Antes de ensayo	160	cm
	Cobertura con filtro		cm
ho	Profundidad inicial del agua (t=0)		m
hm	prof. Nivel de agua en tm		
t	tiempo de medición		



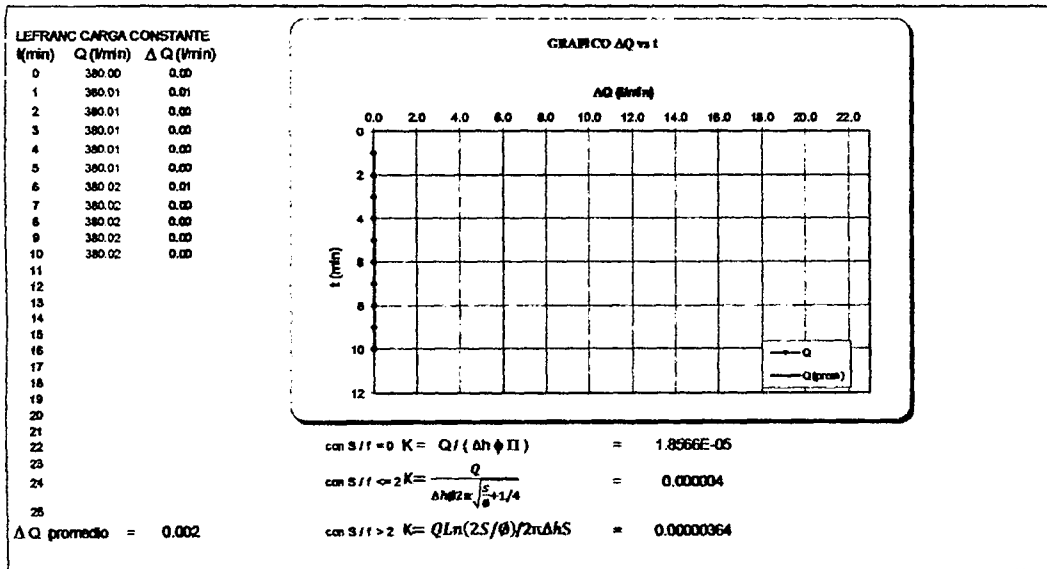
CALCULO DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD													
<p style="text-align: center;">CALCULO DEL CAUDAL</p> <p>Δ Q promedio = 0.00 l/min</p> <p>Δ Q promedio = 0.017 cm³/s</p> <p>OBSERVACIONES :</p> <p>LITOLOGIA DEL TRAMO :</p> <p>sin clasificación: bolones con grava y arenas con limos</p> <p>EJECUTADO POR Va. Bo. SUPERVISOR</p>	<p style="text-align: center;">CALCULO DE K</p> <p><input type="checkbox"/> con $S/\phi = 0$ $K = \frac{Q}{\Delta h \phi \Pi}$</p> <p><input type="checkbox"/> con $S/\phi < 2$ $K = \frac{Q}{\Delta h \phi 2 \pi \sqrt{S/\phi + 1/4}}$</p> <p><input type="checkbox"/> con $S/\phi > 2$ $K = \frac{QLm}{\phi} / (2 \pi \Delta h S)$</p> <p>K (PERMEABILIDAD) = 6.3896-07 cm/s.</p> <p>$K = \frac{Q}{C \cdot \Delta h}$ $C = \frac{2\pi S}{\ln(\frac{2S}{a})}$ $C = 268.976$ cm (Coeficiente de forma)</p> <p>K = 6.3896-07 cm/s.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>GRADO DE PERMEABILIDAD</th> <th>Valor de K (cm/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Elevada</td><td>Superior a 10-1</td></tr> <tr><td>Medie</td><td>10-1 a 10-3</td></tr> <tr><td>Baja</td><td>10-3 a 10-5</td></tr> <tr><td>Muy Baja</td><td>10-5 a 10-7</td></tr> <tr><td>Prácticamente impermeable</td><td>Menor a 10-7</td></tr> </tbody> </table>	GRADO DE PERMEABILIDAD	Valor de K (cm/s)	Elevada	Superior a 10-1	Medie	10-1 a 10-3	Baja	10-3 a 10-5	Muy Baja	10-5 a 10-7	Prácticamente impermeable	Menor a 10-7
GRADO DE PERMEABILIDAD	Valor de K (cm/s)												
Elevada	Superior a 10-1												
Medie	10-1 a 10-3												
Baja	10-3 a 10-5												
Muy Baja	10-5 a 10-7												
Prácticamente impermeable	Menor a 10-7												

ENSAYO DE PERMEABILIDAD LEFRANC CARGA CONSTANTE																																																										
PROYECTO: PRESA CARNICERIA	PROF. DE ENSAYO (m) : 0.00 - 5.00	SONDEO N° PV-02																																																								
CLIENTE: Muric, Distrito de Huamanguillo	FECHA: 05/12/2012	DURACION: 11:05-11:18 am	ENSAYO N° LF - 01																																																							
	ENSAYO REALIZADO ABAJO DE LA N.F. <input checked="" type="checkbox"/> X ARRIBA DE LA N.F. <input type="checkbox"/> CON ARTESANISMO <input type="checkbox"/>	TIPO DE ENSAYO INFILTRACION <input checked="" type="checkbox"/> X BOMBEO <input type="checkbox"/> RECUPERACION <input type="checkbox"/> REBAJAMIENTO <input type="checkbox"/>																																																								
	DATOS DE MEDICION <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>e</td><td>Inclinación del sondaje c/r a la horizontal</td><td>90</td><td>°</td></tr> <tr><td>a</td><td>Altura del agua sobre el nivel del terreno</td><td>0.39</td><td>m</td></tr> <tr><td>ha</td><td>Profundidad nivel freático</td><td>0.24</td><td>m</td></tr> <tr><td>C</td><td>Profundidad de la zapata</td><td>5.6</td><td>m</td></tr> <tr><td>L</td><td>Profundidad de la perforación</td><td>6.1</td><td>m</td></tr> <tr><td>Ah</td><td>Sobrecarga hidráulica</td><td>63</td><td>cm</td></tr> <tr><td>d</td><td>Diámetro interior del revestimiento (HQ)</td><td>7.62</td><td>cm</td></tr> <tr><td>e</td><td>Diámetro perforación (HQ)</td><td>7.62</td><td>cm</td></tr> <tr><td>S</td><td>Longitud de tramo de ensayo</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>Ártes de ensayo</td><td>50</td><td>cm</td></tr> <tr><td></td><td>Cobertura con filtro</td><td></td><td>cm</td></tr> <tr><td>ho</td><td>Profundidad inicial del agua (t=0)</td><td></td><td>m</td></tr> <tr><td>hm</td><td>prof. Nivel de agua en tn</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>t</td><td>tiempo de medición</td><td></td><td></td></tr> </table>			e	Inclinación del sondaje c/r a la horizontal	90	°	a	Altura del agua sobre el nivel del terreno	0.39	m	ha	Profundidad nivel freático	0.24	m	C	Profundidad de la zapata	5.6	m	L	Profundidad de la perforación	6.1	m	Ah	Sobrecarga hidráulica	63	cm	d	Diámetro interior del revestimiento (HQ)	7.62	cm	e	Diámetro perforación (HQ)	7.62	cm	S	Longitud de tramo de ensayo				Ártes de ensayo	50	cm		Cobertura con filtro		cm	ho	Profundidad inicial del agua (t=0)		m	hm	prof. Nivel de agua en tn			t	tiempo de medición	
e	Inclinación del sondaje c/r a la horizontal	90	°																																																							
a	Altura del agua sobre el nivel del terreno	0.39	m																																																							
ha	Profundidad nivel freático	0.24	m																																																							
C	Profundidad de la zapata	5.6	m																																																							
L	Profundidad de la perforación	6.1	m																																																							
Ah	Sobrecarga hidráulica	63	cm																																																							
d	Diámetro interior del revestimiento (HQ)	7.62	cm																																																							
e	Diámetro perforación (HQ)	7.62	cm																																																							
S	Longitud de tramo de ensayo																																																									
	Ártes de ensayo	50	cm																																																							
	Cobertura con filtro		cm																																																							
ho	Profundidad inicial del agua (t=0)		m																																																							
hm	prof. Nivel de agua en tn																																																									
t	tiempo de medición																																																									



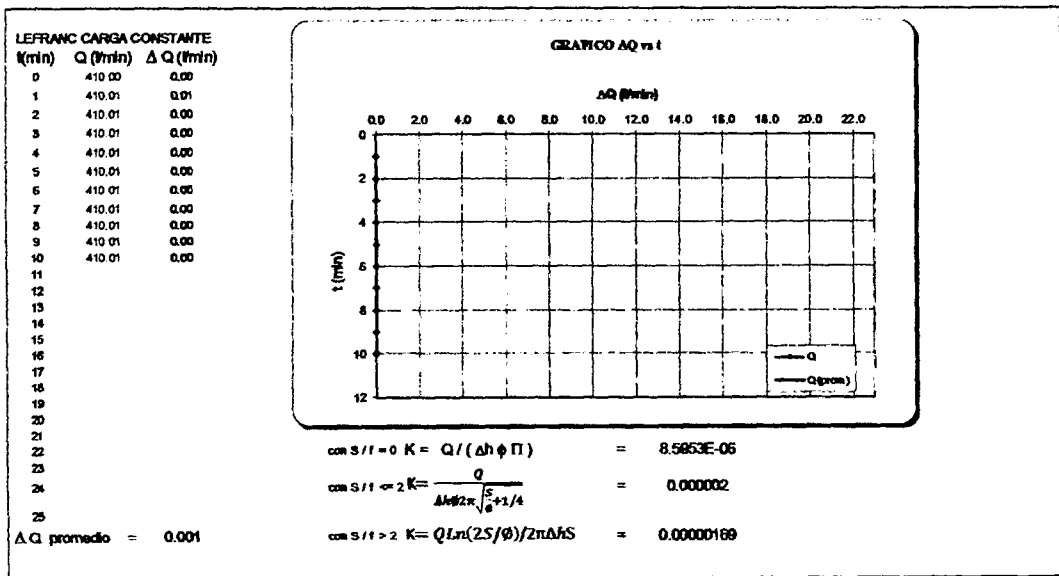
CALCULO DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD													
CALCULO DEL CAUDAL ΔQ promedio = 0.03 l/min ΔQ promedio = 0.483 cm ³ /s OBSERVACIONES: LITOLOGIA DEL TRAMO: sin clasificación: bolones con grava y arenas con limos	CALCULO DE K <input type="checkbox"/> con $S/\phi = 0$ $K = Q / (\Delta h \phi \Pi)$ <input type="checkbox"/> con $S/\phi < 2$ $K = Q / (\Delta h \phi 2\Pi \sqrt{S/\phi + 1/4})$ <input type="checkbox"/> con $S/\phi > 2$ $K = Q \ln \left(\frac{2S}{\phi} \right) / (2\Pi Ah S)$ K (PERMEABILIDAD) = 6.287E-05 cm/s. $K = \frac{Q}{C \Delta h}$ $C = \frac{2\pi S}{\ln \left(\frac{2S}{d} \right)}$ $C = 122.032 \text{ cm}$ (Coeficiente de forma) K = 6.287E-05 cm/s. <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <thead> <tr> <th>GRADO DE PERMEABILIDAD</th> <th>Valor de K (cm/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Elevada</td><td>Superior a 10-1</td></tr> <tr><td>Media</td><td>10-1 a 10-3</td></tr> <tr><td>Baja</td><td>10-3 a 10-5</td></tr> <tr><td>Muy Baja</td><td>10-5 a 10-7</td></tr> <tr><td>Prácticamente Impermeable</td><td>Menor a 10-7</td></tr> </tbody> </table>	GRADO DE PERMEABILIDAD	Valor de K (cm/s)	Elevada	Superior a 10-1	Media	10-1 a 10-3	Baja	10-3 a 10-5	Muy Baja	10-5 a 10-7	Prácticamente Impermeable	Menor a 10-7
GRADO DE PERMEABILIDAD	Valor de K (cm/s)												
Elevada	Superior a 10-1												
Media	10-1 a 10-3												
Baja	10-3 a 10-5												
Muy Baja	10-5 a 10-7												
Prácticamente Impermeable	Menor a 10-7												
EJECUTADO POR Va. Bo. SUPERVISOR													

ENSAYO DE PERMEABILIDAD LEFRANC CARGA CONSTANTE																																																											
PROYECTO: PRESA CARNCERIA	PROF. DE ENSAYO (m) : 5.00 - 6.00	SONDED N° PV-02																																																									
CLIENTE: Munic. Distrital de Huamanguila	FECHA: 06/12/2012	DURACION: 11.05-11.18 am	ENSAYO N° LF - 02																																																								
		ENSAYO REALIZADO ABAJO DE LA N.F. <input checked="" type="checkbox"/> X ARRIBA DE LA N.F. <input type="checkbox"/> CON ARTESIANISMO <input type="checkbox"/>																																																									
		TIPO DE ENSAYO INFILTRACION <input checked="" type="checkbox"/> X BOMBEO <input type="checkbox"/> RECUPERACION <input type="checkbox"/> REBAJAMIENTO <input type="checkbox"/>																																																									
DATOS DE MEDICION <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr><td>a</td><td>Inclinación del sondeo c/r a la horizontal</td><td>90</td><td>°</td></tr> <tr><td>a</td><td>Altura del agua sobre el nivel del terreno</td><td>0.39</td><td>m</td></tr> <tr><td>h0</td><td>Profundidad alveo freático</td><td>0.36</td><td>m</td></tr> <tr><td>C</td><td>Profundidad de la zapata</td><td>7.5</td><td>m</td></tr> <tr><td>L</td><td>Profundidad de la perforación</td><td>8</td><td>m</td></tr> <tr><td>Ah</td><td>Sobrecarga hidráulica</td><td>75</td><td>cm</td></tr> <tr><td>d</td><td>Diámetro interior del revestimiento (HQ)</td><td>7.62</td><td>cm</td></tr> <tr><td>e</td><td>Diámetro perforación (HQ)</td><td>7.62</td><td>cm</td></tr> <tr><td>S</td><td>Longitud de tramo de ensayo</td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>Antes de ensayo</td><td>50</td><td>cm</td></tr> <tr><td></td><td>Cobertura con filtro</td><td></td><td>cm</td></tr> <tr><td>h0</td><td>Profundidad inicial del agua (t=0)</td><td></td><td>m</td></tr> <tr><td>h1</td><td>prof. Nivel de agua en t1</td><td></td><td></td></tr> <tr><td>t</td><td>tiempo de medición</td><td></td><td></td></tr> </table>				a	Inclinación del sondeo c/r a la horizontal	90	°	a	Altura del agua sobre el nivel del terreno	0.39	m	h0	Profundidad alveo freático	0.36	m	C	Profundidad de la zapata	7.5	m	L	Profundidad de la perforación	8	m	Ah	Sobrecarga hidráulica	75	cm	d	Diámetro interior del revestimiento (HQ)	7.62	cm	e	Diámetro perforación (HQ)	7.62	cm	S	Longitud de tramo de ensayo				Antes de ensayo	50	cm		Cobertura con filtro		cm	h0	Profundidad inicial del agua (t=0)		m	h1	prof. Nivel de agua en t1			t	tiempo de medición		
a	Inclinación del sondeo c/r a la horizontal	90	°																																																								
a	Altura del agua sobre el nivel del terreno	0.39	m																																																								
h0	Profundidad alveo freático	0.36	m																																																								
C	Profundidad de la zapata	7.5	m																																																								
L	Profundidad de la perforación	8	m																																																								
Ah	Sobrecarga hidráulica	75	cm																																																								
d	Diámetro interior del revestimiento (HQ)	7.62	cm																																																								
e	Diámetro perforación (HQ)	7.62	cm																																																								
S	Longitud de tramo de ensayo																																																										
	Antes de ensayo	50	cm																																																								
	Cobertura con filtro		cm																																																								
h0	Profundidad inicial del agua (t=0)		m																																																								
h1	prof. Nivel de agua en t1																																																										
t	tiempo de medición																																																										



CALCULO DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD													
<p style="text-align: center;">CALCULO DEL CAUDAL</p> <p>ΔQ promedio = 0.00 l/min</p> <p>ΔQ promedio = 0.003 cm³/s</p> <hr/> <p>OBSERVACIONES:</p> <hr/> <p>LITOLOGIA DEL TRAMO:</p> <p>sin clasificación: bolones con grava y arenas con limos</p> <hr/> <p>EJECUTADO POR Vo. Bo. SUPERVISOR</p>	<p style="text-align: center;">CALCULO DE K</p> <p><input type="checkbox"/> con S/φ = 0 $K = \frac{Q}{(\Delta h \phi \Pi)}$</p> <p><input type="checkbox"/> con S/φ < 2 $K = \frac{Q}{(\Delta h \phi 2\pi \sqrt{\frac{S}{\phi} + 1/4})}$</p> <p><input type="checkbox"/> con S/φ > 2 $K = \frac{Q \ln(2S/\phi)}{2\pi \Delta h S}$</p> <p>K (PERMEABILIDAD) = 3.642506 cm/s.</p> <hr/> <p>$K = \frac{Q}{C \cdot \Delta h}$ $C = \frac{2\pi S}{\ln(\frac{2S}{\phi})}$ $C = 122.032 \text{ cm (Coeficiente de forma)}$</p> <p>K = 3.642506 cm/s.</p> <table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th>GRADO DE PERMEABILIDAD</th> <th>Valor de K (cm/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Elevada</td><td>Superior a 10-1</td></tr> <tr><td>Media</td><td>10-1 a 10-3</td></tr> <tr><td>Baja</td><td>10-3 a 10-5</td></tr> <tr><td>Muy Baja</td><td>10-5 a 10-7</td></tr> <tr><td>Practicamente impermeable</td><td>Menor a 10-7</td></tr> </tbody> </table>	GRADO DE PERMEABILIDAD	Valor de K (cm/s)	Elevada	Superior a 10-1	Media	10-1 a 10-3	Baja	10-3 a 10-5	Muy Baja	10-5 a 10-7	Practicamente impermeable	Menor a 10-7
GRADO DE PERMEABILIDAD	Valor de K (cm/s)												
Elevada	Superior a 10-1												
Media	10-1 a 10-3												
Baja	10-3 a 10-5												
Muy Baja	10-5 a 10-7												
Practicamente impermeable	Menor a 10-7												

ENSAYO DE PERMEABILIDAD LEFRANC CARGA CONSTANTE			
PROYECTO: PRESA CARNICERIA	PROF. DE ENSAYO (m) : 8.00 - 15.00	SONDEO N°	PV-02
CLIENTE: Munic. Distrital de Huamangula	FECHA: 08/12/2012	DURACION: 11:05-11:18 am	ENSAYO N° LF - 03
	ENSAYO REALIZADO	TIPO DE ENSAYO	
	ABAJO DE LA N.F. <input checked="" type="checkbox"/> X ARRIBA DE LA N.F. <input type="checkbox"/> CON ARTESANISMO <input type="checkbox"/>	INFILTRACION <input checked="" type="checkbox"/> X BOMBEO <input type="checkbox"/> RECUPERACION <input type="checkbox"/> REBAJAMIENTO <input type="checkbox"/>	
DATOS DE MEDICION			
α	Inclinación del sondeo c/r a la horizontal	90	°
a	Altura del agua sobre el nivel del terreno	0.30	m
h_a	Profundidad nivel freático	0.42	m
C	Profundidad de la zapata	14	m
L	Profundidad de la perforación	14.5	m
Δh	Sobrecarga hidráulica	81	cm
d	Diámetro interior del revestimiento (H2)	7.62	cm
ϕ	Diámetro perforación (H2)	7.62	cm
S	Longitud de tramo de ensayo		
	Árbitros de ensayo	50	cm
	Cobertura con filtro		cm
h_0	Profundidad inicial del agua (t=0)		m
h_t	prof. Nivel de agua en t		
t	Tiempo de medición		



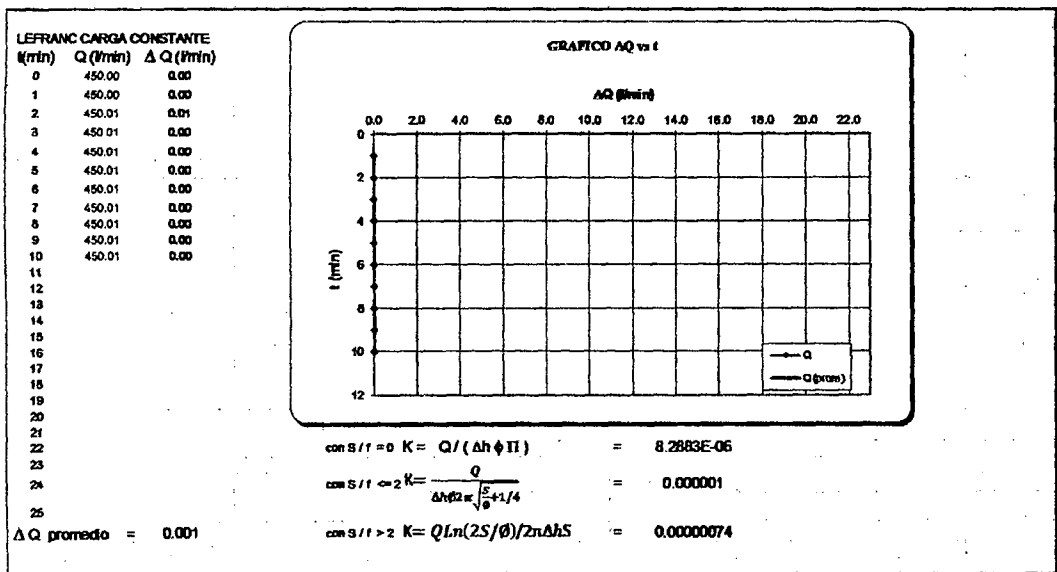
CALCULO DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD													
CALCULO DEL CAUDAL ΔQ promedio = 0.00 l/min ΔQ promedio = 0.017 cm ³ /s	CALCULO DE K <input type="checkbox"/> con $S/\phi = 0 \quad K = \frac{Q}{(\Delta h \phi \Pi)}$ <input type="checkbox"/> con $S/\phi < 2 \quad K = \frac{Q}{\Delta h \phi 2 \pi \sqrt{\frac{S}{\phi} + 1/4}}$ <input type="checkbox"/> con $S/\phi > 2 \quad K = \frac{Q \text{Ln}(2S/\phi)}{2 \pi \Delta h S}$ K (PERMEABILIDAD) = 1.6885E-06 cm/s.												
OBSERVACIONES: sin clasificación: bolones con grava y arenas con limos	$K = \frac{Q}{C \cdot \Delta h} \quad C = \frac{2 \pi S}{\text{Ln}(\frac{2S}{\phi})} \quad C = 122.032 \text{ cm (Coeficiente de forma)}$ K = 1.6885E-06 cm/s.												
EJECUTADO POR _____ Vo. Bo. SUPERVISOR _____	<table border="1"> <thead> <tr> <th>GRADO DE PERMEABILIDAD</th> <th>Valor de K (cm/s)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Elavada</td><td>Superior a 10-1</td></tr> <tr><td>Medea</td><td>10-1 a 10-3</td></tr> <tr><td>Baja</td><td>10-3 a 10-5</td></tr> <tr><td>Muy Baja</td><td>10-5 a 10-7</td></tr> <tr><td>Practicamente Impermeable</td><td>Menor a 10-7</td></tr> </tbody> </table>	GRADO DE PERMEABILIDAD	Valor de K (cm/s)	Elavada	Superior a 10-1	Medea	10-1 a 10-3	Baja	10-3 a 10-5	Muy Baja	10-5 a 10-7	Practicamente Impermeable	Menor a 10-7
GRADO DE PERMEABILIDAD	Valor de K (cm/s)												
Elavada	Superior a 10-1												
Medea	10-1 a 10-3												
Baja	10-3 a 10-5												
Muy Baja	10-5 a 10-7												
Practicamente Impermeable	Menor a 10-7												

ENSAYO DE PERMEABILIDAD LEFRANC CARGA CONSTANTE

PROYECTO: PRESA CARNICERIA	PROF. DE ENSAYO (m) : 15.00 - 30.00	SONDEO N°	PV-02
CLIENTE: Munic. Distrital de Huamanguilla	FECHA: 10/12/2012	DURACION: 11:05-11:18 am	ENSAYO N° LF - 04

ENSAYO REALIZADO		TIPO DE ENSAYO	
ABAJO DE LA N.F.	<input checked="" type="checkbox"/>	INFILTRACION	<input checked="" type="checkbox"/>
ARRIBA DE LA N.F.	<input type="checkbox"/>	BOMBEO	<input type="checkbox"/>
CON ARTESANISMO	<input type="checkbox"/>	RECUPERACION	<input type="checkbox"/>
		REBAJAMIENTO	<input type="checkbox"/>

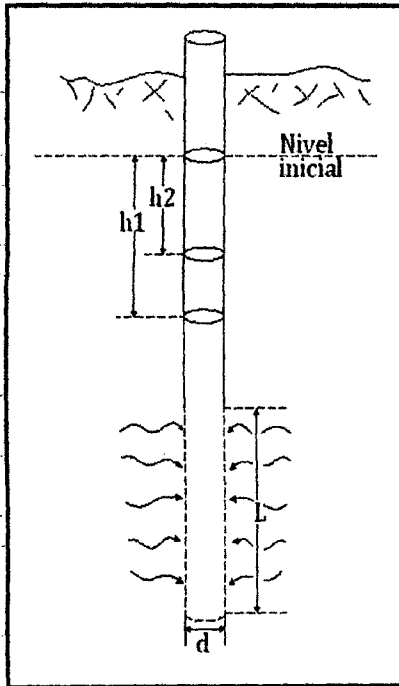
DATOS DE MEDICION			
α	Inclinación del sondeo c/r a la horizontal	90	°
a	Altura del agua sobre el nivel del terreno	0.39	m
ha	Profundidad nivel freático	0.45	m
C	Profundidad de la zapata	28	m
I	Profundidad de la perforación	29.6	m
ha	Sobrecarga hidráulica	84	cm
d	Diámetro interior del revestimiento (I.R.)	7.62	cm
e	Diámetro perforación (I.R.)	7.62	cm
S	Longitud de tramo de ensayo		
	Antes de ensayo	160	cm
	Cobertura con filtro		cm
ho	Profundidad inicial del agua (t=0)		m
hm	prof. nivel de agua en tn		
t	tiempo de medición		



CALCULO DEL COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD

<p style="text-align: center;">CALCULO DEL CAUDAL</p> <p>ΔQ promedio = 0.00 l/min</p> <p>ΔQ promedio = 0.017 cm³/s</p> <p>OBSERVACIONES:</p> <hr/> <p>LITOLOGIA DEL TRAMO:</p> <p>sin clasificación: bolores con grava y arenas con limos</p> <p>EJECUTADO POR Vo. Bo. SUPERVISOR</p>	<p style="text-align: center;">CALCULO DE K</p> <p><input type="checkbox"/> con $S/\phi = 0$ $K = \frac{Q}{(\Delta h \phi \Pi)}$</p> <p><input type="checkbox"/> con $S/\phi < 2$ $K = \frac{Q}{(\Delta h \phi 2 \Pi \sqrt{S/\phi + 1/4})}$</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> con $S/\phi > 2$ $K = \frac{Q \ln(2S/\phi)}{2 \Pi \Delta h S}$</p> <p>K (PERMEABILIDAD) = 7.377E-07 cm/s.</p> <p>$K = \frac{Q}{C \phi \Delta h}$ $C = \frac{2\pi S}{\ln(2S/a)}$ $C = 268.976$ cm (Coeficiente de forma)</p> <p>K = 7.377E-07 cm/s.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <tr> <th>GRADO DE PERMEABILIDAD</th> <th>Valor de K (cm/s)</th> </tr> <tr> <td>Elevada</td> <td>Superior a 10⁻¹</td> </tr> <tr> <td>Media</td> <td>10⁻¹ a 10⁻³</td> </tr> <tr> <td>Baja</td> <td>10⁻³ a 10⁻⁵</td> </tr> <tr> <td>Muy Baja</td> <td>10⁻⁵ a 10⁻⁷</td> </tr> <tr> <td>Prácticamente Impermeable</td> <td>Menor a 10⁻⁷</td> </tr> </table>	GRADO DE PERMEABILIDAD	Valor de K (cm/s)	Elevada	Superior a 10 ⁻¹	Media	10 ⁻¹ a 10 ⁻³	Baja	10 ⁻³ a 10 ⁻⁵	Muy Baja	10 ⁻⁵ a 10 ⁻⁷	Prácticamente Impermeable	Menor a 10 ⁻⁷
GRADO DE PERMEABILIDAD	Valor de K (cm/s)												
Elevada	Superior a 10 ⁻¹												
Media	10 ⁻¹ a 10 ⁻³												
Baja	10 ⁻³ a 10 ⁻⁵												
Muy Baja	10 ⁻⁵ a 10 ⁻⁷												
Prácticamente Impermeable	Menor a 10 ⁻⁷												

PROYECTO :	Construcción Sistema de Irigación Camicera Pampa - Huamanguilla		
CLIENTE :	Municipalidad de Huamanguilla - Ayacucho		
FECHA :	05/09/2013	Hr. Inicio:	05:19 p.m. Hr. Fin: 05:25 p.m.
SONDEO :	Pozo verificación N° 03		
ENSAYO :	2		
TRAMO :	0.00 a 2.90 mt		
HOJA :	1		
Registrado :	JCSM	Revisado :	ROBERTO TELLO B.



$$K = \frac{d_e^2 \ln(2L/d)}{8 \cdot L \cdot t} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

$$d_e = d$$

- k = conductividad hidráulica
- h1, h2 = Altura del agua al principio y al fin del ensayo
(se usa el software solinst leveloger)
- t = Tiempo transcurrido entre la observación de los niveles h1 y h2
- L = Longitud de la zona filtrante
- d = Diámetro de la zona filtrante

Datos	h1=	0.2499	metros
	h2=	0.2474	metros
	Δh	0.00012	
	Δt =	10	seg
	Δt =	0.1667	minutos
	L=	2	mts
	d=	0.09	mts

GRADO DE PERMEABILIDAD	Valor de K (cm/s)
Elevada	Superior a 10 ⁻¹
Media	10 ⁻¹ a 10 ⁻³
Baja	10 ⁻³ a 10 ⁻⁵
Muy Baja	10 ⁻⁵ a 10 ⁻⁷
Practicamente Impermeable	Menor a 10 ⁻⁷

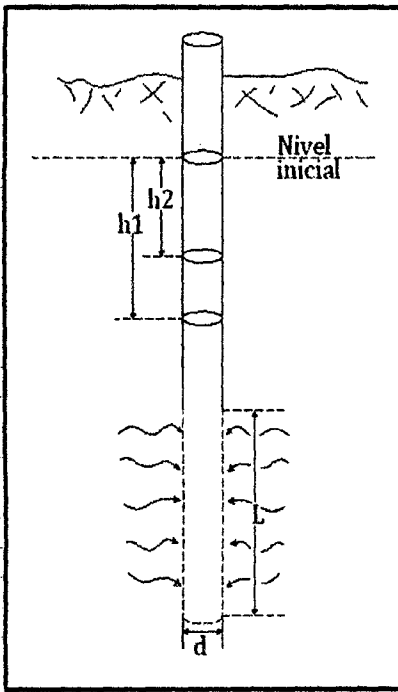
K=	1.93E-06	m/seg
K=	1.93E-04	cm/seg

INGESONDEX PERU

INGENIERIA SONDEOS & EXPLORACION

**ENSAYO DE PERMEABILIDAD EN SUELO
(TIPO LEFRANC CARGA VARIABLE)**

PROYECTO :	Consturccion Sistema de Irigacion Camicera Pampa - Huamanguilla		
CLIENTE :	Municipalidad de Huamanguilla - Ayacucho		
FECHA :	05/09/2013	Hr. Inicio:	05:30 p.m. Hr. Fin: 05:38 p.m.
SONDEO :	Pozo verificacion N° 03		
ENSAYO :	2		
TRAMO :	0,00 a 10,00 mt		
HOJA :	1		
Registrado :	JCSM	Revisado :	ROBERTO TELLO B.



$$K = \frac{d_e^2 \ln(2L/d)}{8 \cdot L \cdot t} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

$$d_e = d$$

- k = conductividad hidraulica
- h1,h2 = Altura del agua al principio y al fin del ensayo (se usa el software solinst leveloger)
- t = Tiempo transcurrido entre la observacion de los niveles h1 y h2
- L = Longitud de la zona filtrante
- d = Diametro de la zona filtrante

Datos	h1=	0.951	metros
	h2=	0.9496	metros
	Δh	0.00012	
	Δt =	10	seg
	Δt =	0.1667	minutos
	L =	2	mts
	d =	0.09	mts

GRADO DE PERMEABILIDAD	Valor de K (cm/s)
Elevada	Superior a 10 ⁻¹
Media	10 ⁻¹ a 10 ⁻³
Baja	10 ⁻³ a 10 ⁻⁵
Muy Baja	10 ⁻⁵ a 10 ⁻⁷
Practicamente Impermeable	Menor a 10 ⁻⁷

K= 2.83E-07 m/seg
K= 2.83E-05 cm/seg

INGESONDEX PERU

INGENIERIA SONDEOS & EXPLORACION

**ENSAYO DE PERMEABILIDAD EN SUELO
(TIPO LEFRANC CARGA VARIABLE)**

PROYECTO : Consturcion Sistema de Irigacion Camiceria Pampa - Huamanguilla

CLIENTE : Municipalidad de Huamanguilla - Ayacucho

FECHA : 05/09/2013 Hr. Inicio: 05:10 p.m. Hr. Fin: 05:11 p.m.

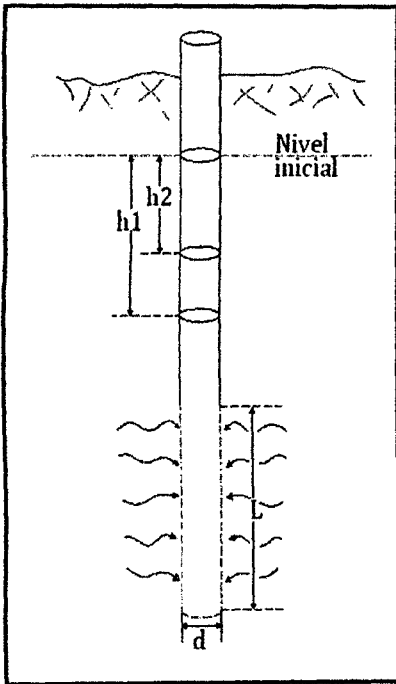
SONDEO : Pozo verificacion N° 04

ENSAYO : 1

TRAMO : 0,00 a 1.54 mt

HOJA : 1

Registrado : JCSM **Revisado :** ROBERTO TELLO B.



$$K = \frac{d_e^2 \ln(2L/d)}{8 * L * t} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

$$d_e = d$$

- k = conductividad hidraulica
- h1,h2 = Altura del agua al principio y al fin del ensayo (se usa el software solinst leveloger)
- t = Tiempo transcurrido entre la observacion de los niveles h1 y h2
- L = Longitud de la zona filtrante
- d = Diametro de la zona filtrante

Datos	Valor	Unidad
h1=	0.1311	metros
h2=	0.13098	metros
Δh	0.00012	
Δt =	10	seg
Δt =	0.1667	minutos
L =	3	mts
d =	0.09	mts

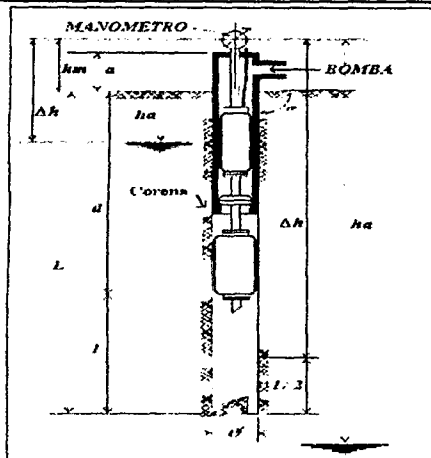
GRADO DE PERMEABILIDAD	Valor de K (cm/s)
Elevada	Superior a 10 ⁻¹
Media	10 ⁻¹ a 10 ⁻³
Baja	10 ⁻³ a 10 ⁻⁵
Muy Baja	10 ⁻⁵ a 10 ⁻⁷
Practicamente Impermeable	Menor a 10 ⁻⁷

K= 1.30E-07 m/seg
K= 1.30E-05 cm/seg

EJECUTA	INGESONDEX PERU	Propietario
	INGENIERIA SONDEOS & EXPLORACIONES	

ENSAYO LUGEON

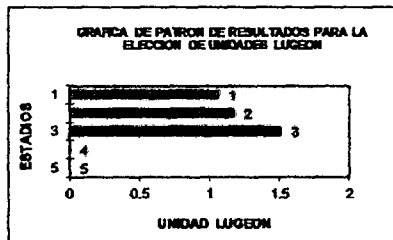
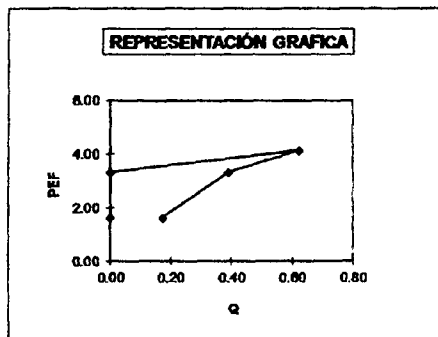
PROF. DE ENSAYO	14.64 A 17.00 m.	#SONDEO N°	PV-03	EJECUTADO
Coordenadas	N: 8585051	E: 585443.33		REVISADO
Inclinación: 90°	Fecha: 05-09-2013	COTA: 4657.58 msnm.	ENSAYO N°	01
				LITOLOGIA



hm	=	DISTANCIA DEL MANOMETRO (m)	0.80
a	=	SOBRANTE DE REVESTIMIENTO (m)	1.36
ha	=	DISTANCIA NIVEL FREATICO (m)	0.00
Ah	=	LONG. COLUMNA DE AGUA (m)	1.36
d	=	DISTANCIA OBSTURADOR (m)	14.64
L	=	LONGITUD DE PERFORACION (m)	17.00
i	=	INCLINACION DE PERF. C/HORIZONTAL (°)	90.00
Ah'	=	CARGA HIDRAULICA = SEN I Ah (m)	1.36
l	=	LONGITUD DE TRAMO DE ENSAYO (m)	2.36
		DIAMETRO DEL BULBO DE ENSAYO (cm)	9.65
PM	=	PRESION MANOMETRICA (kg/cm2)	
PEF	=	PRESION EFECTIVA (kg/cm2)	
Ap	=	PERDIDA DE CARGA (kg/cm2)	
q	=	CAUDAL DE AGUA (l/min)	
Q	=	ABSORCION DE AGUA (l/m/min)	
U.L.	=	UNIDAD LUGEON (1 l/m/min a 10 kg/cm2 de PEF)	

T (min)	PM = 1.50		PM = 3.20		PM = 4.00		PM = 3.20		PM = 1.50	
	LECTURA CAUDAL (l)	q (l)	LECTURA CAUDAL (l)	q (l)	LECTURA CAUDAL (l)	q (l)	LECTURA CAUDAL (l)	q (l)	LECTURA CAUDAL (l)	q (l)
0.00	537.0		550.0		560					
1.00	537.5	0.5	551.0	1.00	561.5	1.5	0		0	
2.00	538.0	0.5	551.9	0.90	563	1.5	0		0	
3.00	538.4	0.4	552.9	1.00	564.5	1.5	0		0	
4.00	538.8	0.4	553.8	0.90	565.9	1.4	0		0	
5.00	539.2	0.4	554.7	0.90	567.3	1.4	0		0	
6.00	539.7	0.5	555.6	0.90	568.7	1.4	0		0	
7.00	540.1	0.4	556.6	1.00	570.2	1.5	0		0	
8.00	540.4	0.3	557.5	0.90	571.7	1.5	0		0	
9.00	540.7	0.3	558.4	0.90	573.2	1.5	0		0	
10.00	541.1	0.4	559.2	0.80	574.7	1.5	0		0	

	4.1				
q (l/min)	0.41	0.92	1.47	0.00	0.00
Q (l/m/min)	0.17	0.39	0.62	0.00	0.00
PM (kg/cm2)	1.50	3.20	4.00	3.20	1.50
Ap (kg/cm2)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
CH:Ah' /10 (kg/cm2)	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136
PEF (kg/cm2)	1.64	3.34	4.14	3.34	1.64
U.L.	1.06	1.17	1.51	0.00	0.00

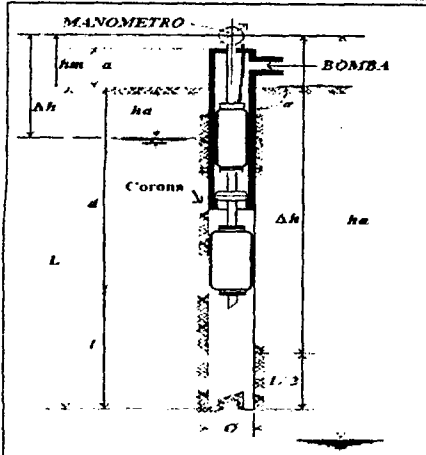


UNIDAD LUGEON = 1.06 UL
 K (PERMEABILIDAD) = 1.38E-05 cm/seg

EJECUTA.	INGESONDEX PERU	Propietario
	INGENIERIA SONDEOS & EXPLORACIONES	

ENSAYO LUGEON

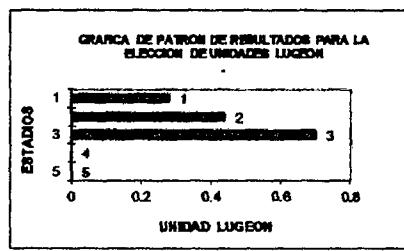
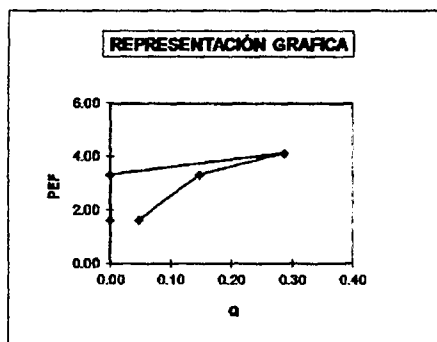
PROF. DE ENSAYO		14.64 A 17.00 m		SONDEO N°	FV-03	EJECUTADO		
Coordenadas N:	8665051	E:	585443.33			REVRADO Ing.		
Inclinación:	90°	Fecha:	05-09-2013	COTA:	4867.88 msnm.	ENSAYO N°	01	LITOLOGIA



hm =	DISTANCIA DEL MANOMETRO (m)	0.80
a =	SOBRANTE DE REVESTIMIENTO (m)	1.36
ha =	DISTANCIA NIVEL FREATICO (m)	0.00
Ah =	LONG. COLUMNA DE AGUA (m)	1.36
d =	DISTANCIA OBSTURADOR (m)	14.64
L =	LONGITUD DE PERFORACIÓN (m)	17.00
i =	INCLINACIÓN DE PERF. C/HORIZONTAL (°)	90.00
Ah' =	CARGA HIDRAULICA = $50PM \cdot Ah$ (m)	1.36
l =	LONGITUD DE TRAMO DE ENSAYO (m)	2.36
DIAMETRO DEL BULBO DE ENSAYO (cm)		9.85
PM =	PRESIÓN MANOMÉTRICA (kg/cm ²)	
PEF =	PRESION EFECTIVA (kg/cm ²)	
Ap =	PERDIDA DE CARGA (kg/cm ²)	
q =	CAUDAL DE AGUA (l/min)	
Q =	ABSORCIÓN DE AGUA (m ³ /min)	
U.L =	UNIDAD LUGEON (1 U/min a 10 kg/cm ² de PEF)	

T (min)	PM = 1.50		PM = 3.20		PM = 4.00		PM = 3.20		PM = 1.50	
	LECTURA CAUDAL (l)	q (l)	LECTURA CAUDAL (l)	q (l)	LECTURA CAUDAL (l)	q (l)	LECTURA CAUDAL (l)	q (l)	LECTURA CAUDAL (l)	q (l)
0.00	537.0		550.0		560					
1.00	537.5	0.5	551.0	1.00	561.5	1.5	0		0	
2.00	538.0	0.5	551.9	0.90	563	1.5	0		0	
3.00	538.4	0.4	552.9	1.00	564.5	1.5	0		0	
4.00	538.8	0.4	553.8	0.90	565.9	1.4	0		0	
5.00	539.2	0.4	554.7	0.90	567.3	1.4	0		0	
6.00	539.7	0.5	555.6	0.90	568.7	1.4	0		0	
7.00	540.1	0.4	556.6	1.00	570.2	1.5	0		0	
8.00	540.4	0.3	557.5	0.90	571.7	1.5	0		0	
9.00	540.7	0.3	558.4	0.90	573.2	1.5	0		0	
10.00	541.1	0.4	559.2	0.80	574.7	1.5	0		0	

	4.1						
q (l/min)	0.41	0.92	1.47	0.00	0.00		
q Externo	0.18	0.18	0.18				
q Ensayo Lefranc	0.35	0.35	0.35				
q evacuado	0.83	1.10	1.32				
q efectivo	0.11	0.35	0.68				
Q (l ³ /min)	0.05	0.15	0.29	0.00	0.00		
PM (kg/cm ²)	1.50	3.20	4.00	3.20	1.50		
Ap (kg/cm ²)	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		
CH:Ah' /10 (kg/cm ²)	0.136	0.136	0.136	0.136	0.136		
PEF (kg/cm ²)	1.64	3.34	4.14	3.34	1.64		
U.L.	0.28	0.44	0.70	0.00	0.00		



UNIDAD LUGEON = 0.28 UL
 K (PERMEABILIDAD) = 3.64E-06 cm/seg

ANEXO V

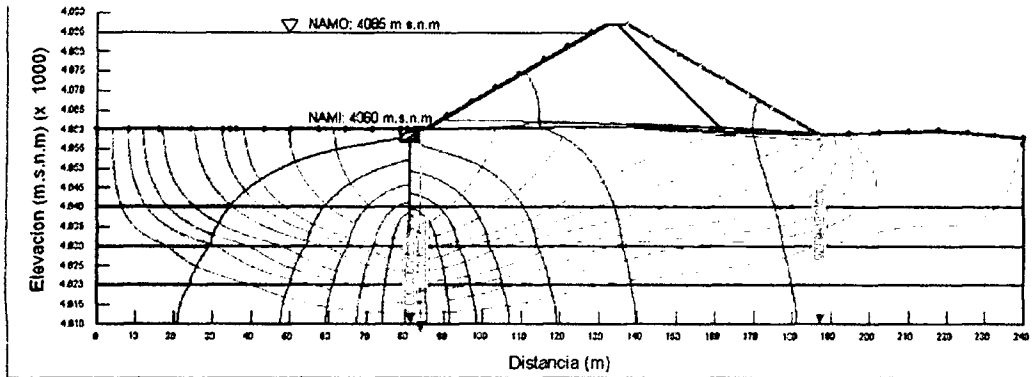
MATRIZ DE CONSISTENCIA

5.1 MATRIZ DE CONSISTENCIA

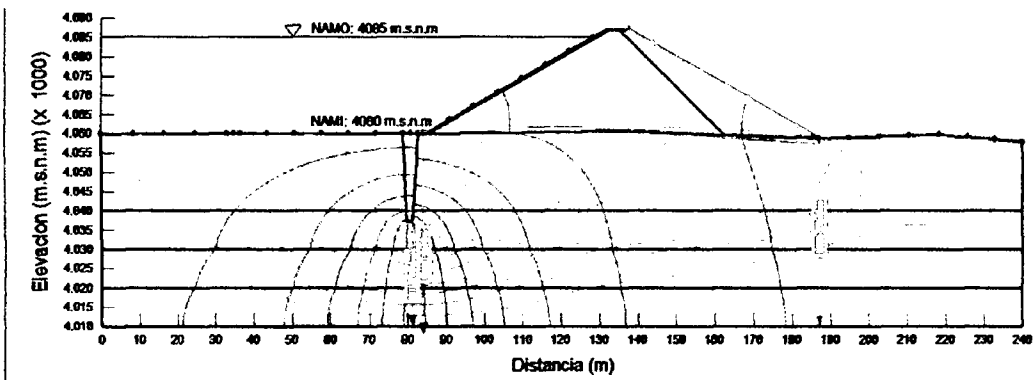
PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES
PROBLEMA PRINCIPAL	OBJETIVO PRINCIPAL	HIPÓTESIS GENERAL	VARIABLES INDEPENDIENTES	
¿De qué manera se puede analizar los resultados de la reducción del gasto de filtración, después de la inyección de impermeabilización en presa de material suelto?	Analizar los resultados de la reducción del gasto de filtración, después de la inyección de impermeabilización en presa de material suelto	Después de la inyección de impermeabilización, si reduce el gasto de filtración en presas de material suelto	Caudal	Q (m ³ /seg)
PROBLEMAS ESPECIFICAS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	VARIABLES DEPENDIENTES	
¿De qué manera se puede modelar el gasto de filtración en presas de material suelto, utilizando el software SEEP/W?	Modelar el gasto de filtración en presas de material suelto, utilizando el software SEEP/W	los gasto de filtración que se producen en presas de material suelto, son modelados utilizando el software SEEP/W	Conductividad hidráulica	K (m/seg)
¿De qué manera se puede analizar los gastos de las diferentes variantes de medidas contra filtraciones a través de la cimentación en todo el eje del dentellón?	Analizar los gastos de las diferentes variantes de medidas contra filtraciones a través de la cimentación en todo el eje del dentellón	los gastos de filtración con diferentes medidas, si analiza en todo el eje del dentellón	Carga hidráulica	h (m.)
¿Cómo es el movimiento de agua a través de los medios porosos de la cimentación?	Analizar el movimiento de agua a través de los medios porosos en la cimentación en presa de material suelto.	El movimiento de agua a través de los medios porosos, si analiza en la cimentación en presa de material suelto		
¿Filtraciones que ocurren debido a una existencia de campos de presiones del agua, gradiente de energía y velocidades de filtración, analizando la dependencia respecto a los distintos parámetros (altura, talud de la presa, coeficientes de permeabilidad del material)?	Caracterizar los campos de presiones del agua, gradiente de energía y velocidades de filtración, analizando la dependencia respecto a los distintos parámetros (altura, talud de la presa, coeficientes de permeabilidad del material)	La existencia de los campos de presiones del agua, gradiente de energía y velocidades de filtración, si analiza la dependencia respecto a los distintos parámetros (altura, talud de la presa, coeficientes de permeabilidad del material)	Gradiente hidráulica	i (adim.)

ANEXO VI
OTROS TRATAMIENTOS DE IMPERMEABILIZACIÓN

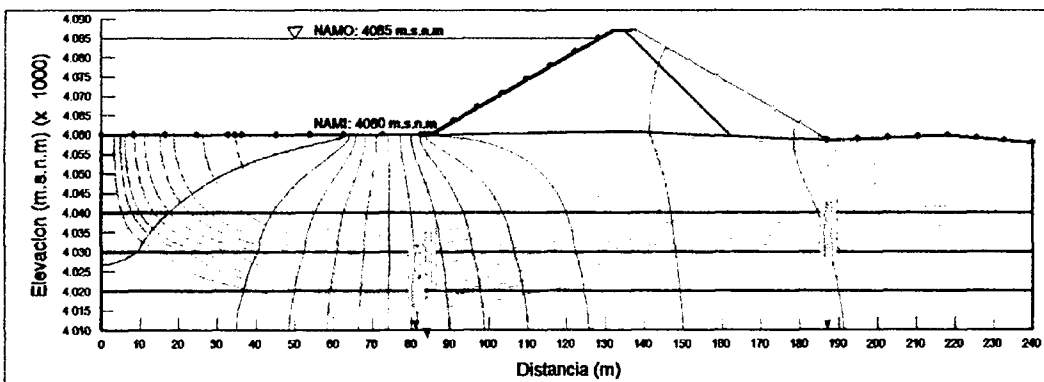
Modelos con tres tipos de tratamiento de impermeabilización



Caudales bajo y después de la inyección y aguas abajo (0+150)



Caudales aguas arriba y abajo con dentellón de arcilla (0+150)



Caudales aguas arriba y abajo con manto horizontal (0+150)

CON INYECCION

CALCULO DE FILTRACIONES SIN TRATAMIENTO

Condiciones	Caudal de Perdida Bajo la Presa		Caudal de Perdida Anual		
	Unidades	m3/seg	lt/seg	m3/año	MMC
Aguas Arriba		0.3582453	358.2453	11297623.8	11.2976238
Aguas Abajo		0.0325431	32.5431	1026279.2	1.0262792

CALCULO DE FILTRACIONES CON TRATAMIENTO

Condiciones	Caudal de Perdida Bajo la Presa		Caudal de Perdida Anual		
	Unidades	m3/seg	lt/seg	m3/año	MMC
Bajo la Inyeccion		0.1727254	172.7254	5447068.21	5.44706821
Despues de la Inyeccion		0.20468355	204.68355	6454900.43	6.45490043
Aguas Abajo		0.020335839	20.3358388	641311.012	0.64131101

37.51%

CON DENTELLON

CALCULO DE FILTRACIONES SIN DENTELLON

Condiciones	Caudal de Perdida Bajo la Presa		Caudal de Perdida Anual		
	Unidades	m3/seg	lt/seg	m3/año	MMC
Aguas Arriba		0.3582453	358.2453	11297623.8	11.2976238
Aguas Abajo		0.0325431	32.5431	1026279.2	1.0262792

CALCULO DE FILTRACIONES CON DENTELLON

Condiciones	Caudal de Perdida Bajo la Presa		Caudal de Perdida Anual		
	Unidades	m3/seg	lt/seg	m3/año	MMC
Bajo el Dentellon		0.170358905	170.358905	5372438.43	5.37243843
Despues de Dentellon		0.17043913	170.43913	5374968.4	5.3749684
Aguas Abajo		0.01914167	19.14167	603651.705	0.60365171

41.18%

CON ZAMPEADO

CALCULO DE FILTRACIONES SIN ZAMPEADO

Condiciones	Caudal de Perdida Bajo la Presa		Caudal de Perdida Anual	
	m3/seg	lt/seg	m3/año	MMC
Aguas Arriba	0.6377315	637.7315	20111500.6	20.1115006
Aguas Abajo	0.0472783	47.2783	1490968.47	1.49096847

CALCULO DE FILTRACIONES CON ZAMPEADO

Condiciones	Caudal de Perdida Bajo la Presa		Caudal de Perdida Anual	
	m3/seg	lt/seg	m3/año	MMC
Aguas Arriba	0.3203758	320.3758	10103371.2	10.1033712
Aguas Abajo	0.02912672	29.12672	918540.242	0.91854024

38.39%

COMPARACION DE LOS TRES TIPOS DE TRATAMIENTOS

Condiciones	Caudal de Perdida Bajo la Presa		Caudal de Perdida Anual		
	m3/seg	lt/seg	m3/año	MMC	En porcentaje
Con Inyección	0.02033584	20.3358388	641311.012	0.64131101	37.51%
Con Dentellón	0.01914167	19.14167	603651.705	0.60365171	41.18%
Zampeado	0.02912672	29.12672	918540.242	0.91854024	38.39%

Para los dos primeros modelos se tiene la opción de definir un valor de conductividad hidráulica o permeabilidad diferente en la dirección “y” a través de la relación k_y/k_x , además la dirección y el contenido volumétrico del agua en los poros del suelo.

7.1.1.4. Condiciones de Contorno

Para el análisis correspondiente además de la parametrización de los suelos es necesario definir las condiciones de borde a la cual está sujeto el modelo, para ello se dispone de las siguientes opciones:

- Head: Altura piezométrica = Cota (msnm) + Carga de presión
- Total Flux: Caudal de Ingreso (+) o Salida (-)
- Press Head: Carga de Presión
- Unit Flux: Flujo Unitario
- Unit Gradient: Gradiente Unitario

7.2. EJEMPLO PASO A PASO

A continuación se ejecuta un ejercicio de relativa simplicidad paso a paso que se debe seguir para elaborar el modelo de red de flujo.

El ejemplo trata del análisis de la red de flujo y cálculo del caudal de infiltración que se tiene en la presa homogénea del ejercicio anterior.

7.2.1. GEOMETRÍA Y PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

La geometría es la misma del ejercicio de estabilidad, altura de la presa 25 m, taludes es 1V:1.5H y ancho de la corona 5 m.

Para el ejemplo se considera que todos los materiales del modelo se encuentran saturados, por tanto se elige el modelo de comportamiento “Saturated Only”. Las características de los materiales se muestran en el cuadro A2.1.

Cuadro A2.1: Propiedades Hidráulicas de los Materiales

Material	k_x (m/s)	k_y (m/s)
Presa	1e-7	1e-7
Suelo Cimentación I	1e-4	1e-4
Suelo Cimentación II	1e-5	1e-5

7.2.2. INICIO DEL PROGRAMA

Al ejecutar el programa aparece la pantalla de inicio, en la misma se expone los 8 módulos que posee el software, ahí se elige SEEP/W.

La siguiente ventana es la correspondiente a la configuración de inicio del modelo, en ella se deja la configuración que aparece por defecto.

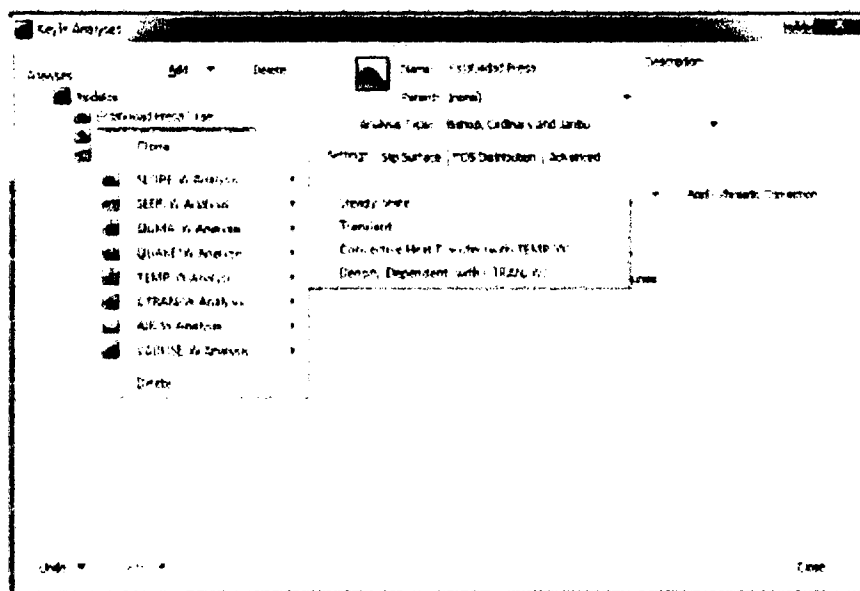
7.2.3. DEFINICIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO

La definición del área del trabajo se realiza de la misma forma que en el modelo de estabilidad.

7.2.4. GENERACIÓN DE LA GEOMETRÍA Y MATERIALES

La geometría se puede generar ídem al modelo anterior (estabilidad) o a su vez a partir del escenario de estabilidad previamente creado, en la ventana de configuración del modelo se da clic derecho sobre el escenario de estabilidad, a continuación se despliega la lista de los módulos del software, allí se elige SEEP/W Analysis / Steady – State.

Figura A2.1: Generación de la Geometría a Partir de un Escenario Anterior



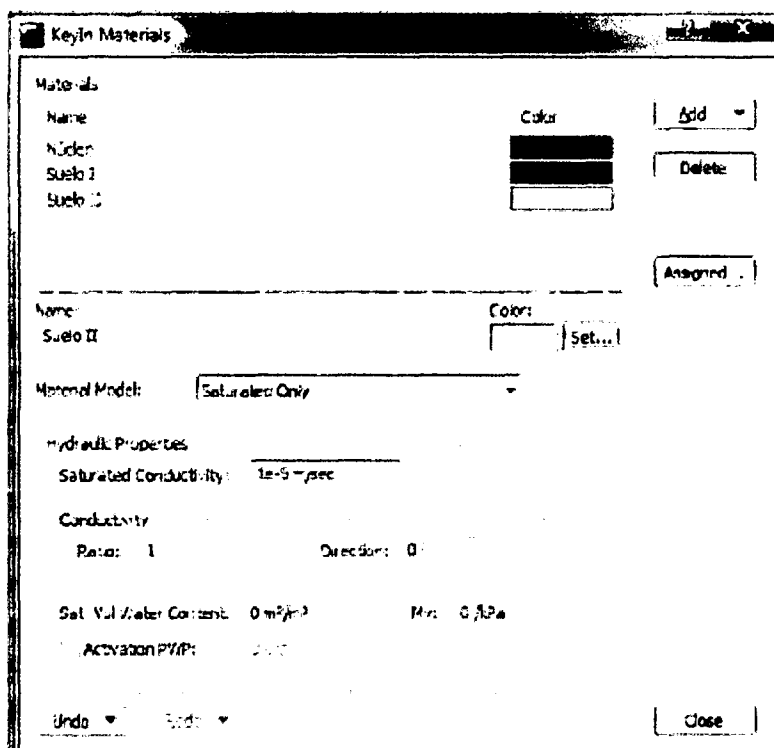
Con ésta acción la geometría del anterior escenario analizado se genera para el presente análisis.

Para generar los materiales con sus correspondientes propiedades hidráulicas se sigue la rutina Menú Draw / Materials / KeyIn, ahí se tiene los mismos materiales que en el modelo de estabilidad pero sin sus propiedades asignadas, por lo que se introduce las propiedades antes mencionadas.

En la casilla correspondiente a la relación de permeabilidades (k_y/k_x) se digita el valor de 1, ya que no se considera la anisotropía del suelo. En el resto de casillas se deja los valores que aparecen por defecto.

Para asignar los materiales a cada región basta con regresar a la pantalla anterior y picar encima de las regiones dibujadas, se verifica la asignación del material a la región cuando ésta toma el color del material creado.

Figura A2.2: Creación de Materiales en el Modelo SEEP/W



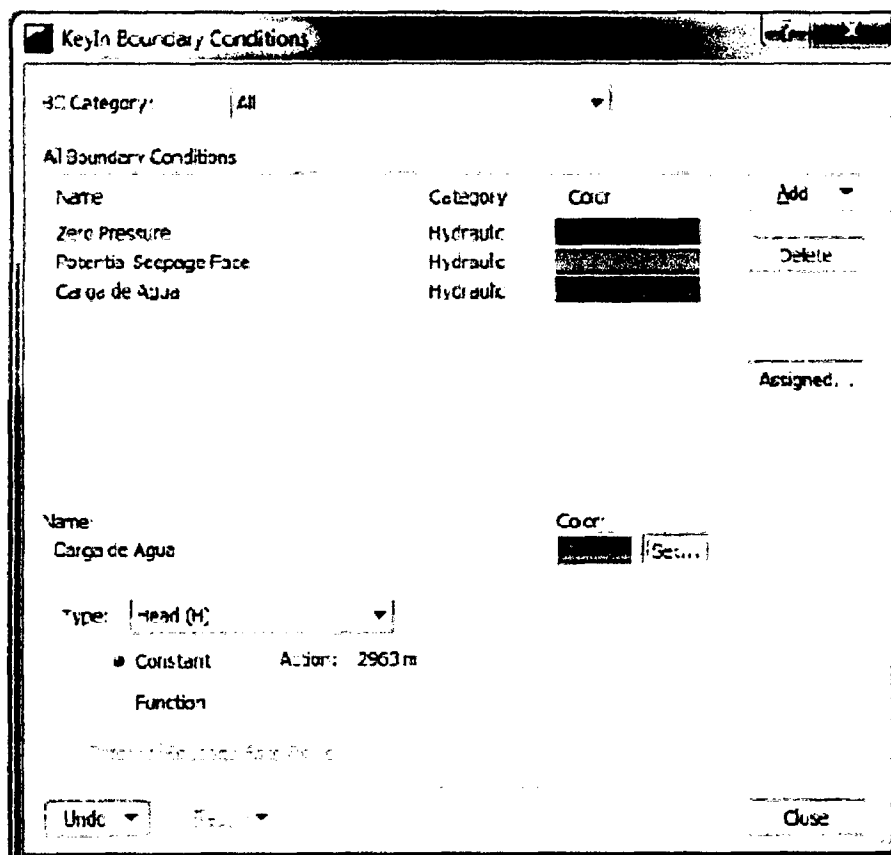
7.2.5. CONDICIONES DE BORDE

Las condiciones de borde del modelo están constituidas por la línea que define la entrada del agua al medio permeable por acción de la carga de ésta, que se encuentra sobre el suelo de cimentación y el talud aguas arriba, además de la línea que define la salida del agua infiltrada en el talud aguas abajo.

Para introducir la primera condición se sigue la siguiente rutina: Menú Draw / Boundary Conditions / KeyIn, en ese punto se tiene la ventana en la cual se genera las condiciones de borde. Por defecto se tiene 2 condiciones: la primera que representa una carga de presión nula (Zero Pressure) y la segunda un caudal nulo (Potential Seepage Face), ésta última se utiliza para delimitar la línea de salida del potencial caudal de infiltración.

Para la primera condición que se necesita en el modelo se genera una nueva Add / New Hydraulic BC, se le da nombre (Carga de Agua) y en el tipo se elige Head (Carga Total) con un valor constante igual a la cota de la superficie libre del agua (2963 msnm).

Figura A2.3: Generación de las C.B. en el Modelo SEEP/W



El siguiente paso es asignar las condiciones de borde en el modelo, para ello se regresa a la ventana anterior (Menú Draw / Boundary Conditions) y se verifica que éste seleccionado "Lines" y "Assing". Para establecer la condición Aguas arriba de la presa se elige la opción "Carga de Agua" y se pica sobre el borde de la región en donde el agua tiene contacto con el suelo y presa, al asignar la C.B. la línea en la cual se fija toma el color de la condición de borde (azul)

La condición aguas abajo se asigna de la misma manera, con la diferencia que se elige "Potencial Seepage Face"

Figura A2.4: Asignación de la C.B. Aguas Arriba en el Modelo SEEP/W

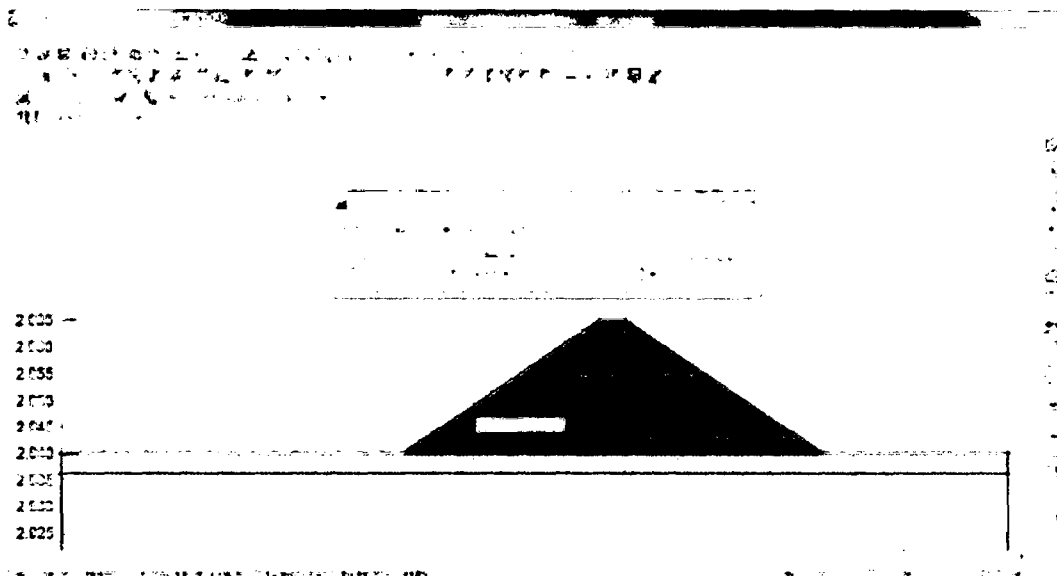
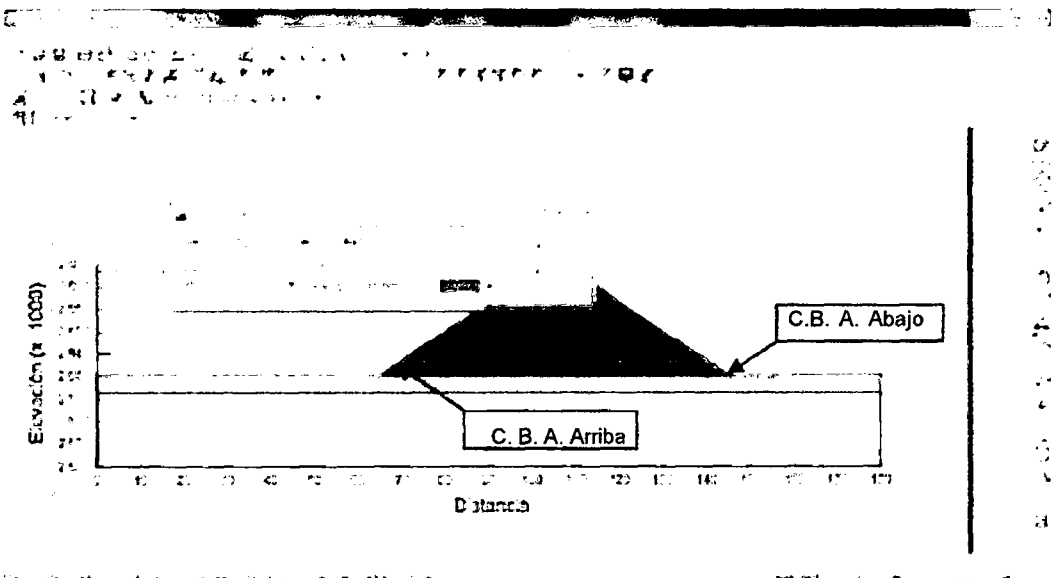
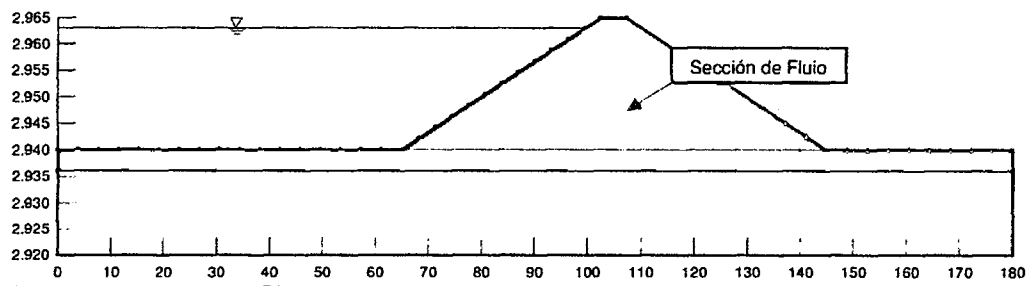


Figura A2.5: Asignación de la C.B. Aguas Abajo en el Modelo SEEP/W



El programa permite definir secciones en las cuales se puede medir el caudal por metro lineal que atraviesa dicha sección, para ello es necesario definir y dibujar una sección de flujo (flux section). La sección de flujo se define en el Menú Draw / Flux Sections, ahí se debe asignar un número a la sección y dibujar la línea en donde se quiere medir el caudal.


Figura A2.6: Modelo SEEP /W con Sección de Flujo





7.2.6. EJECUCION Y RESULTADOS DEL MODELO

Se ejecuta el modelo en el Menú Tools / Solve Analysis / Start.

Para visualizar los resultados se lo puede realizar en el Menú Window / Contour

o a su vez con el correspondiente icono . La pantalla muestra la línea piezométrica (línea segmentada azul) que se abate hasta la cota 2940 msnm y las líneas de contorno en la presa y suelo de cimentación que representa las líneas equipotenciales; sin embargo a cada línea le corresponde un valor y para poder visualizar dichos valores se sigue la rutina: Menú Draw / Cotuor Labels o se pica en el ícono

 y a continuación se pica en la línea en la cual se desea saber el valor de la línea equipotencial.

Además el programa ofrece más líneas de contorno (isolíneas) tal como presiones de poro, velocidades, gradientes etc. en el Menú Draw / Contour .


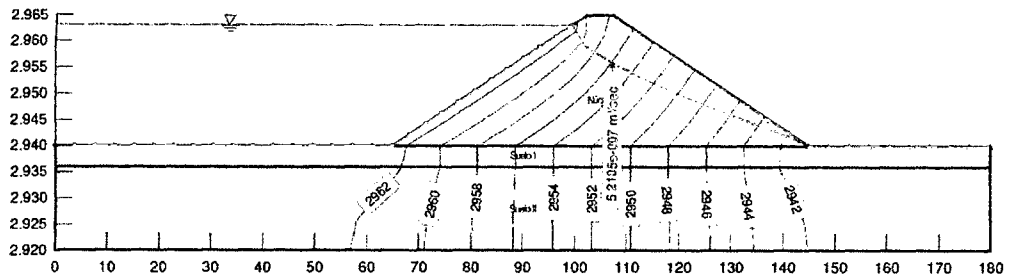
Para visualizar el valor del caudal en la sección de flujo se sigue la rutina: Menú Draw / Flux Labels o se pica en el ícono  para luego picar sobre la sección de flujo.

Figura A2.7: Resultados del Análisis de Red de Flujo



Existen varias herramientas gráficas adicionales para la visualización de los resultados, que el lector puede investigar y utilizar para la presentación de los mismos.

ANEXO VIII
ANALISIS GRANULOMETRICO

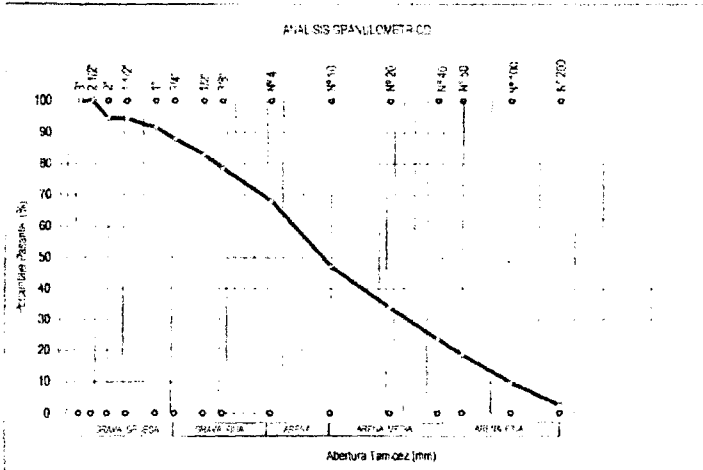


OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Proyecto	IRRIGACION CARNICERIA PAMPA-HUAMANGUILLA		
Ubicacion	DEPARTAMENTO AYACUCHO, PROVINCIA HUANTA, DISTRITO HUAMANGUILLA		
Solicita	INSTITUTO NACIONAL DE DESARROLLO PROYECTO ESPECIAL SIERRA CENTRO SUR		
Fecha	12/04/2010	Certif. N°	03-021

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D422)				N° CALICATA	CP-01
				FJF DE PRESA	
				PROFUNDIDAD	
				0 20-4 00m	
MALLA		%		Lim Liquido NTP 339.129 (ASTM D4318)	
PLG.	mm.	RETENIDO	PASANTE	16.50	
3"	75.00	0.00	100.00	Lim Plastico NTP 339.129 (ASTM D4318)	
2 1/2"	63.00	0.00	100.00	14.50	
2"	50.00	5.70	94.30	Indice de Plasticidad	
1 1/2"	38.10	0.00	94.30	2.00	
1"	25.00	2.80	91.50	S.U.C.S. NTP 339.134 (ASTM D2487)	
3/4"	19.00	3.70	87.80	SP	
1/2"	12.50	4.90	82.90	D ₅₀	3.88
3/8"	9.500	4.40	78.50	D ₂₀	0.65
N° 4	4.750	10.40	68.10	D ₁₀	0.15
N° 10	2.000	20.90	47.20	Cu	24.53
N° 20	0.850	13.40	33.80	Cc	0.86
N° 40	0.425	10.20	23.60	% Humedad (SPEEDY)	
N° 60	0.300	5.10	18.50	16.65	
N° 100	0.149	8.60	9.70	GRAVA (%)	
N° 200	0.074	7.20	2.50	31.90	
				ARENA (%)	
				55.60	
				FINOS (%)	
				2.50	



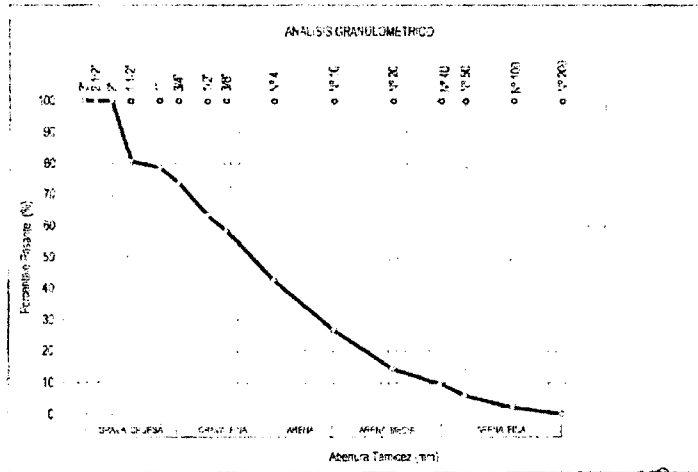


OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Proyecto	IRRIGACION CARNICERIA PAMPA-HUAMANGUILLA		
Ubicacion	DEPARTAMENTO AYACUCHO, PROVINCIA HUANTA, DISTRITO HUAMANGUILLA		
Solicita	INSTITUTO NACIONAL DE DESARROLLO PROYECTO ESPECIAL SIERRA CENTRO SUR		
Fecha	12/04/2010	Certif. N°:	06-001

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D422)				N° CALICATA	CP-02
MALLA		%	%	PROFUNDIDAD	0.20-4.00 m
PLG.	mm.	RETENIDO	PASANTE		
3"	75.00	0.00	100.00	Lim Líquido NTP 339.129 (ASTM D4318)	31.50
2 1/2"	63.00	0.00	100.00	Lim Plástico NTP 339.129 (ASTM D4318)	NP
2"	50.00	0.00	100.00	Índice de Plasticidad	NP
1 1/2"	38.10	19.37	80.93	S.U.C.S. NTP 339.134 (ASTM D2487)	GW
1"	25.00	2.25	78.88	D ₆₀	10.46
3/4"	19.00	4.90	73.78	D ₃₀	2.56
1/2"	12.50	10.39	63.39	D ₁₅	3.45
3/8"	9.500	4.69	68.40	Cu	77.74
N° 4	4.750	15.68	42.74	Cc	1.36
N° 10	2.000	16.00	29.74	% Humedad (SPEEDY)	5.23
N° 20	0.850	12.40	14.34	GRAVA (%)	57.26
N° 40	0.425	4.67	9.67	ARENA (%)	42.52
N° 50	0.300	3.71	5.96	FINOS (%)	0.22
N° 100	0.149	3.85	2.11		
N° 200	0.074	1.89	0.22		



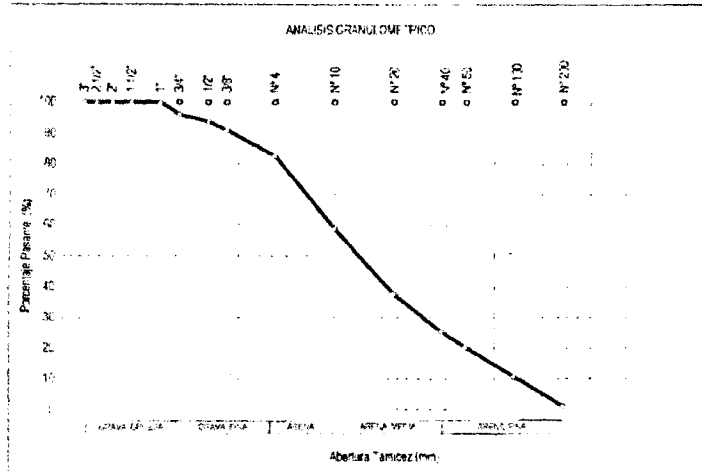


OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Proyecto	IRRIGACION CARNICERIA PAMPA-HUAMANGUILLA		
Ubicacion	DEPARTAMENTO AYACUCHO, PROVINCIA HUANTA, DISTRITO HUAMANGUILLA		
Solicitante	INSTITUTO NACIONAL DE DESARROLLO PROYECTO ESPECIAL SIERRA CENTRO SUR		
Fecha	12/04/2010	Certif. N°:	06-002

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D422)				N° CALICATA	CV-03
MALLA		%	%	PROFUNDIDAD	0.20-3.00 m
PLG.	mm.	RETENIDO	PASANTE		
3"	75.00	0.00	100.00	Lim Líquido NTP 339.129 (ASTM D4318)	29.00
2 1/2"	63.00	0.00	100.00	Lim Plástico NTP 339.129 (ASTM D4318)	NP
2"	50.00	0.00	100.00	Índice de Plasticidad	NP
1 1/2"	38.10	0.00	100.00	S.U.C.S. NTP 339.134 (ASTM D2487)	SM
1"	25.00	0.00	100.00		
3/4"	19.00	3.97	96.03	D ₁₅	2.14
1/2"	12.50	2.29	97.71	D ₃₀	0.59
3/8"	9.500	2.84	97.16	D ₄₅	0.14
N° 4	4.750	8.40	91.60	Cu	15.29
N° 10	2.000	23.74	76.26	Cc	1.16
N° 20	0.850	21.15	78.85	% Humedad (SPEEDY)	6.12
N° 40	0.425	12.35	87.65	GRAVA (%)	17.50
N° 60	0.300	5.08	94.92	ARENA (%)	81.30
N° 100	0.149	9.56	90.44	FINOS (%)	1.20
N° 200	0.074	9.42	90.58		



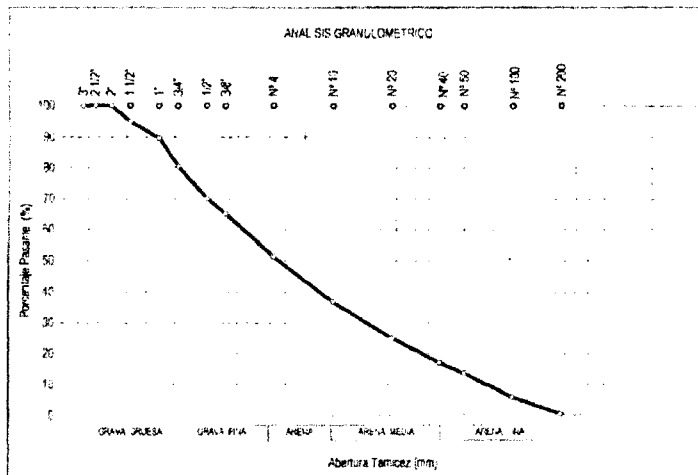


OFICINA DE CONTROL DE CALIDAD

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D-422)

Proyecto	IRRIGACION CARNICERIA PAMPA-HUAMANGUILLA		
Ubicacion	DEPARTAMENTO AYACUCHO, PROVINCIA HUANTA, DISTRITO HUAMANGUILLA		
Solicita	INSTITUTO NACIONAL DE DESARROLLO PROYECTO ESPECIAL SIERRA CENTRO SUR		
Fecha	12/04/2010	Certif. N°:	06-003

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D422)				N° CALICATA	CV-04
MALLA		%		PROFUNDIDAD	0.20-3.00 m
PLG.	mm.	RETENIDO	PASANTE		
3"	75.00	0.00	100.00	Lim Líquido NTP 339.129 (ASTM D4318)	20.95
2 1/2"	63.00	0.00	100.00	Lim Plástico NTP 339.129 (ASTM D4318)	NP
2"	50.00	0.00	100.00	Índice de Plasticidad	NP
1 1/2"	38.10	5.13	94.87	S.U.C.S. NTP 339.134 (ASTM D2487)	SM
1"	25.00	5.24	89.63		
3/4"	19.00	9.14	90.49	D ₁₅	7.72
1/2"	12.50	10.46	70.03	D ₃₀	1.33
3/8"	9.500	4.86	85.17	D ₇₅	0.23
N° 4	4.750	13.83	51.34	Cu	33.57
N° 10	2.000	14.54	36.80	Cc	1.00
N° 20	0.850	11.74	25.06	% Humedad (SPEEDY)	7.11
N° 40	0.425	7.98	17.08	GRAVA (%)	2.46
N° 60	0.300	3.40	13.68	ARENA (%)	96.98
N° 100	0.149	7.70	5.98	FINOS (%)	0.59
N° 200	0.074	5.42	0.56		



un estudio de impacto ambiental, el cual estará ubicado al sector correspondiente de acuerdo a la naturaleza del proyecto, en el caso particular del presente proyecto en evaluación, este se ajusta a la normatividad del sector Agricultura, cuya instancia, ha generado Términos de Referencia (TDRs) que permiten guiar la ejecución de estos estudios. Sin embargo, por las condiciones del proyecto, estos TDRs son ajustados y adaptados.

El presente estudio, se realiza a nivel de un Estudio de Impacto Ambiental a detalle, teniendo como meta la evaluación ambiental de la zona de influencia directa e indirecta del proyecto y sus implicancias sobre esta, concentrando su análisis en los factores ambientales más susceptibles de ser afectados. La metodología se ajusta a las exigencias del sector haciendo uso de listas de chequeo y matrices de interacción simple así como valoraciones cualitativas de los impactos generados.

9.2 DIAGNOSTICO AMBIENTAL

El diagnóstico ambiental, señala las condiciones ambientales sobre las que el proyecto inicia sus acciones, permitiendo determinar los impactos que este genera; asimismo, describe las características del proyecto e identificando los impactos que puedan generar. De acuerdo a las condiciones de realización del estudio, el diagnóstico ambiental centrará su atención sobre los factores que serán más afectados.

El análisis del medio tiene como fin conocer las características de los diversos aspectos del medio del área potencialmente afectados por las acciones del proyecto, encaminando dicho conocimiento a aportar información para la valoración de impactos y para la definición de medidas correctoras.

El ámbito de estudio se encuentra dos áreas, así como el entorno en el que los distintos posibles impactos pueden ser apreciados. Esta zona se determina como la ZONA DE INFLUENCIA DIRECTA, es decir el espacio geográfico en el cual se expresarán directamente los impactos del proyecto, el espacio circundante a dicha área con límites políticos administrativos se considera el área de influencia indirecta, en el cual los impactos repercutirán indirectamente.

9.3 CLIMA

Evaluando la información meteorológica a nivel regional, el área del proyecto, según la clasificación de Kopen posee un clima de alta montaña con características frías (Clima Frío o Boreal), característico de los valles mesoandinos entre los 3000 y 4000 msnm. Este clima presenta como rasgo fundamental precipitaciones anuales promedio de 700 mm y temperaturas medias anuales de 8 °C; registrándose generalmente veranos lluviosos e inviernos secos con fuertes heladas.

9.4 SUELOS

GENERALIDADES

El objetivo fundamental de una clasificación técnica de los suelos, según su aptitud para el riego, es determinar la cantidad y la calidad de las tierras para los fines de una política racional de regadío permanente. El fin más inmediato es el de separar las tierras aptas de las no aptas para el riego.

El concepto de Tierra Apta para el Riego se aplica a aquellas que, proporcionándole las prácticas o mejoras necesarias, tiene una capacidad productiva suficiente como para mantener una agricultura bajo riego económicamente favorable.

Tierra No Apta es aquella que, a pesar de las mejoras que se le introduzcan (nivelaciones, drenaje, correctores, facilidades de riego, etc.) no tiene una capacidad productiva como para sostenerse económicamente, es decir, no tiene capacidad de pago dentro de una política de regadío permanente.

Teniendo como información básica el aspecto edáfico precedente, es decir, la naturaleza morfológica, física y química de los suelos identificados, así como el ambiente ecológico en que se han desarrollado, se ha determinado la máxima vocación de las tierras y con ello las predicciones del comportamiento de las mismas.

El sistema de clasificación adoptado es el propuesto en el Technical Guide For Irrigation Suitability Land Classification del U.S. Departamento of The Interior. Bureau of Reclamation (2005), establecido en el reglamento de clasificación de tierras del Perú, según se indica en la metodología.

9.5 MEDIO BIÓTICO

9.5.1 COBERTURA VEGETAL

La cuenca del río Lluncuna se sitúa fitogeográficamente entre la región mesoandina y altoandina; presentando a lo largo de su territorio una variedad de características fisiográficas, climáticas y edáficas, las cuales favorecen el desarrollo de diversas formaciones vegetales; desde una vegetación de puna compuesta por pastizales, matorrales arbolados que se desarrollan sobre las laderas que conforman el valles, intercalada con una vegetación intervenida por la acción antrópica (áreas de cultivo, plantaciones forestales, etc.)

Los estudios sobre la clasificación y caracterización de la vegetación son necesarios y sirven como marco para la planificación de innumerables actividades de investigación y de desarrollo por estas razones es que se emplea a la vegetación como herramienta para estas actividades, la cual nos ayuda a tener una idea más clara sobre la utilidad de estas ya sean con fines agropecuarios, forestales, urbanísticos y de conservación.

Es importante señalar las diferencias entre un mapa de cobertura vegetal y uso actual de la tierra. El mapa de cobertura vegetal, representa el tipo de vegetación o asociación de plantas que cubren un determinado espacio del territorio, mientras que el mapa de uso actual representa las diferentes formas de uso que el suelo soporta actualmente; en zonas de alta intervención antrópica como lo es la cuenca del río Lluncuna.

Pastizal o Césped de Puna

Este tipo de vegetación se desarrolla sobre terrenos con pendientes suaves a muy empinadas y en condiciones climáticas adversas. Se ubica sobre los pisos altitudinales más altos de la cuenca, desde los 3.600 hasta aproximadamente los 4.100 metros de altitud.

La diversidad florística que presenta este tipo de vegetación es de un nivel medio a bajo, sobre todo en especies de estrato herbáceo; Las variaciones climáticas que se presentan en esta unidad de vegetación favorecen la presencia de diferentes formas de vida vegetal.

Césped de Puna

Este tipo de vegetación se ubica en las partes más altas y se caracteriza por presentar asociaciones de gramíneas y hiervas achaparradas, localizadas entre las partes más abrigadas. En la actualidad estos pastizales y césped de puna vienen soportando una alta presión antrópica como: quema de pastos, sobre pastoreo y la actividad agrícola, etc.

Humedales-Bofedales

Los humedales son ecosistemas hidromórficos que se caracterizan por ubicarse y desarrollarse en áreas que se inundan permanente o temporalmente. Estos humedales son de gran importancia por ser el hábitat natural de una gran diversidad de especies de flora y por el rol que estos desempeñan en los procesos hidrológicos y ecológicos de las cabeceras de cuencas, se ubican altitudinalmente desde los 3,100 a 4,500 m. de altitud. Se caracterizan por presentar densas asociaciones de especies de estrato herbáceo, los cuales ocupan lugares con pendientes suaves a ligeramente inclinadas y sobre suelos cubiertos de agua, debido a la presencia de arroyos provenientes de fuentes de aguas de origen glaciar o de acuíferos.

En la actualidad estos bofedales no se encuentran en un buen estado de conservación por que soporta un pastoreo intensivo, dicha actividad se realiza sin un plan de manejo adecuado.

Áreas de Cultivos en Secano

Estas áreas de cultivo se caracterizan por el cambio de uso de los matorrales y pastizales naturales por una agricultura en descanso o barbecho en base a cultivos criofílicos como las diversas variedades de papa (*Solanum tuberosum*). Los agricultores de estas zonas dejan estas áreas de cultivo en descanso por un periodo de 2 a 5 años, tiempo en el cual se desarrolla un tipo de vegetación atípica, los que permiten recuperar la fertilidad de estos suelos. Estas áreas de cultivo se ubican altitudinalmente desde los 3.300 a 4.000 metros.

9.6 FAUNA

La fauna silvestre es un recurso natural de mucha importancia por el papel que estas desempeña en los procesos ecológicos al interior de los ecosistemas, por los beneficios directos e indirectos que reporta a las poblaciones humanas para el aprovisionamiento alternativo de proteínas, por su valor intrínseco (riqueza, belleza y diversidad) y por la función vital que desempeña en el equilibrio del ambiente natural.

La fauna que habita dentro de los límites de la cuenca de las quebradas de Carnicería Pampa y Lluncuna se encuentra enmarcada dentro de los Dominios Andino y Zoogeográficamente se sitúa en las ecozooregiones: Puneña (puna).

Los registros de fauna silvestre nos permiten determinar la diversidad de organismos animales así como también las condiciones de los lugares donde estos habitan, ya sean de mayor alteración o carentes de ella.

Es importante recalcar que la fauna silvestre no constituye una variable estática dentro de las relaciones ecológicas de sus ecosistemas, por ello se incluye en el registro de fauna a las especies más típicas de cada unidad de fauna y que muchas de estas especies es posible encontrarlas en otros hábitat, debido a que estas están en constante movimiento por la búsqueda de alimento o por estar en procesos de reproducción.

Fauna Típica de Humedales

Los humedales son ecosistemas hidromórficos que se caracterizan por ubicarse y desarrollarse en áreas que se inundan permanente o temporalmente. Estos humedales son de gran importancia por ser el hábitat natural de una diversidad de avifauna silvestre.

Se hallan ubicados altitudinalmente desde los 3.000 a 4.800 m. y se extienden geográficamente entre los valles mesoandinos y altoandinos.

Los bofedales se caracterizan por ubicarse en áreas con pendientes suaves y sobre suelos hidromórficos mientras que las lagunas se caracteriza por presentar un espejo de agua y rodeado de una vegetación acuática.

Hábitat: indican los ambientes en los que habitan los animales, ya sean estos terrestres (T), Acuáticos (AC) y Volador (V).

Datos de actividad: indican si los animales son nocturnos (N), diurnos (D) o indistintamente diurnos o nocturnos (M).

Cuadro: Fauna en el Area del Proyecto

Especies Aves	Nombre común	Hábitat	Actividad
Podiceps rolland	Zambullidor	AC	D
Podiceps occipitales	Zambullidor	AC	D
Bubulcus ibis	Garza bueyera	T	D
Nycticorax nycticorax	Mayusonso	T,AC	D
Plegadis ridwayii	Yanavico	T	D
Chloephaga melanoptera	Huallata	T	D
Anas puna	Pato	AC	D
Anas flavirostris	Cocha pato	AC	D
Oxyura ferruginea	Pucca pato	Ac	D
Gallinula chloropus	Polla de agua	AC	D
Fulica ardesiaca	Choca	AC	D
Porphyryla martinica	Polla sultana	AC	D
Rallus sanguinolentus	Gallineta	AC	D
Vanellus resplendens	Lekecho	T	D
Gallinago andina	Becasina	AC,T	D
Larus serranus	Keulla	T,AC	D
Geosita tenuirostris	Pampero	T,V	D
Cinclodes fuscus	Churrete	T,V	D
Podiceps rolland	Zambullidor	AC	D
Cinclodes atacamensis	Churrete	T,V	D
Phleocryptes melanops	Totorerito	V	D
ANFIBIOS			
Bufo spinolosus	Sapo	AC	M
Gastroteca marsupiata	Rana	AC	M
Thelmathobius marmoratus	Rana	AC	M

Fauna Típica de Matorrales

Se caracteriza por el predominio de una vegetación arbustiva sub xerofítica ubicados entre los pequeños valles interandinos de la cuenca.

Las especies de fauna más importantes son las aves seguidos en importancia de los anfibios y reptiles. La fauna que habitan en estos matorrales se muestran en el cuadro siguiente, además de estos registros se adjuntan los siguientes datos:

Hábitat: indican los ambientes en los que habitan los animales, ya sean estos terrestres (T), Arborícolas (AR) y Volador (V).

Datos de actividad: indican si los animales son nocturnos (N), diurnos (D) o indistintamente diurnos o nocturnos (M), Hábitat especial: ríos (R):

Cuadro: Fauna en el Área del Proyecto (matorrales)

Especies	Nombre común	Hábitat	Actividad
MAMÍFEROS			
Spp/fam MURIDAE	Ratones	T	M
AVES			
Falco sparverius	Quilichu	V	D
Falco femoralis	Alcon	V	D
Streptoprocne zonaris	Vencejo	V	D
Columba maculosa	Paloma	V,T	D
Columba livia	Paloma	V,T	D
Zenaida auricularia	Cuculi	V,T	D
Metropelia melanoptera	Cuculi	V,T	D
Metropelia ceciliae	Cuculi	V,T	D
Bolborrinchus orbyngnesius	Loro	V	D
Colibrí coruscans	Picaflor	V	D
Lesbia nuna	Picaflor	V	D
Colaptes rupicola	Jacacho	T,V	D
Cinclodes fuscus	Hornero	V,T	D
Cranioleuca albicapilla	Hornero	V	D
Ochthoeca leucophrys	Atrapamoscas	V	D
Notiochelidon murina	Golondrina	V	D

Especies	Nombre común	Hábitat	Actividad
Troglodites aedon	Cucarachero	V,T	D
Cinclus leucocephalus	Mirlo	VR	D
Turdus chiguanco	Chihuaco	V	D
Zonotrichia capensis	Gorrion	V	D
Catamenia analis	Semillero	V	D
Grallaria andicola	Pololoco	V/T	D
Phrygilus plebejus	Frigilo	V	D
Phrygilus punensis	Frigilo	V	D
Phrygilus fruticeti	Frigilo	V	D
Saltator aurantirostris	Picogrueso	V	D
Traupis bonaerensis	Tangara	V	D
Diglossa brunneiventris	Roba nectar	V	D
Conirostrum ferrufineiventre		V	D
Carduelis magellanica	Jilguero	V	D
Carduelis crassirostris	Jilguero	V	D
Pheucticus aureoventris	Picogrueso	V	D
REPTILES			
Tachimenis peruviana	Culebra	T	D
Proctopurus bolivianus	Lagartija	T	D

Fuente: Elaboración Propia – Equipo de Consultoría

Fauna Típica de Puna

La fauna silvestre que habita en estos territorios está adaptada a las altas altitudes en la que se halla ubicada la Puna, así como también a los cambios bruscos de temperatura y humedad que imperan durante el día. Se caracteriza por la presencia de gramíneas, que se desarrollan sobre laderas y áreas con pendientes moderadas, en las partes más altas de estos pastizales es posible encontrar requerios los que sirven como lugares de anidamiento y abrigo de muchas especies de fauna.

Las especies de fauna (mamíferos, aves, anfibios y reptiles) que habitan en los pajonales se muestran en el cuadro siguiente, además de estos registros se adjuntan los siguientes datos:

Hábitat/microhábitat: indican los ambientes en los que habitan los animales, Pastizales (P), Requerios (RQ), como microhábitat: terrestres (T), y Volador (V).

Datos de actividad: indican si los animales son nocturnos (N), diurnos (D) o indistintamente diurnos o nocturnos (M).

Cuadro: Fauna en el Area del Proyecto (Puna)

Especies	Nombre común	Habitat/ microhábitat	Actividad
MAMÍFEROS			
<i>Pseudolapex colpæus</i>	Zorro	P,BP/T	M
<i>Conepatus semiatratus</i>	Zorrino	P,BP/T	M
<i>Puma concolor</i>	Puma	P,RQ/T	M
<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado	P,RQ/T	D
<i>Akodon spp</i>	Ratones	P,RQ/T	M
<i>Lagidium peruvianum</i>	Vizcacha	P,RQ/T	D
AVES			
<i>Notoprocta ornata</i>	Perdiz	P/T	D
<i>Plegadis ridwayii</i>	Yanavico	P/T	D
<i>Vultur griphus</i>	Condor	RQ/V	D
<i>Geranoetus melanoleucus</i>	Águila	RQ/V	D
<i>Buteo poecilocrous</i>	Gavilán	RQ/V	D
<i>Buteo polyosoma</i>	Gavilán	RQ/V	D
<i>Falco femoralis</i>	Halcón	RQ/V	D
<i>Falco sparverius</i>	Cernicalo	RQ/V	D
<i>Phalcoboenus megalopterus</i>	Caracara	P,RQ/T,V	D
<i>Vanellus resplendens</i>	Lekechu	P/T,V	D
<i>Metropelia melanoptera</i>	Tórtola	P/TV	D
<i>Streptoprocne zonaris</i>	Vencejo	RQ/V	D
<i>Colaptes rupicola</i>	Jacachu	P/V,T	D
<i>Cinclodes fuscus</i>	Hornero	P/V,T	D
<i>Geositta sp</i>	Minero comun	P/V,T	D
<i>Asthenes ottonis</i>	Canastero	P/V	D
<i>Asthenes modesta</i>	Canastero	P/V	D

Especies	Nombre común	Habitat/ microhábitat	Actividad
<i>Asthenes humilis</i>	Canastero	P,RQ/V	D
<i>Zonotrichia capensis</i>	Gorion	P /TV	D
<i>Phrygilus punensis</i>	Frigilo	P /TV	D
<i>Phrygilus unicolor</i>		P /TV	D
<i>Carduelis magellanica</i>		P/V	D
REPTILES			
<i>Proctoporus bolivianus</i>	Lagartija	P /T	D
<i>Tachimenis peruviana</i>		P/T	D

Fuente: *Elaboración Propia – Equipo de Consultoría*

9.7 MEDIO PERCEPTUAL

9.7.1 RUIDO

La zona de influencia directa del proyecto según las fuentes de ruido existentes, se clasifica en dos zonas:

Emplazamientos rurales: nivel de ruido día noche de 30 a 35 dBA (Áreas agrícolas y centros poblados rurales)

Lugares solitarios: nivel de ruido día noche menos de 20 dBA (pastizales y montañas)

Residencial periférica silenciosa: con un nivel de ruido día - noche, Ldn, dB = 50 dBA (núcleo urbano de Huamanguilla y comunidades aledañas).

9.7.2 PAISAJE

El paisaje visual corresponde al de un espacio rural profundamente humanizado, considerándose como un paisaje rural cuya calidad visual es de Distinguido.¹ El conjunto paisajístico está conformado por montañas, laderas moderadamente empinadas, bosques exóticos y nativos así como áreas de cultivos y núcleos urbanos rurales.

9.8 ACTIVIDAD PECUARIA

La actividad pecuaria es una actividad complementaria a la agricultura, sustentada básicamente por la crianza de ganado criollo y pastos cultivados, bajo pastoreo extensivo y corrales.

La alimentación del ganado vacuno esta en base a pastos naturales y residuos de cosecha de maíz, trigo, cebada, haba, complementada por pastos cultivados y avena forrajera. El déficit de forraje para el ganado se observa en la época de seca, la cual tiene que ser cubierta con productos suplementarios, como residuos de chacra.

9.9 MARCO POLITICO, NORMATIVO E INSTITUCIONAL

Las primeras regulaciones sobre Estudios de Impacto Ambiental en el país se encuentran contenidas en el Código del Medio Ambiente y los Recursos Naturales. Dicha Norma estableció a partir de septiembre de 1990 la obligación para todo proyecto de obra o actividad que pudiera provocar daños no tolerables al ambiente se presenta un Estudio de Impacto Ambiental, estableciéndose un listado de los proyectos que requerían estudios de impacto ambiental; posteriormente dicho artículo y los concernientes a impacto ambiental fueron derogados para favorecer la inversión de capitales extranjeros.

Posteriormente con el Decreto Legislativo N° 757, se determinó que las autoridades sectoriales determinen las actividades de riesgo ambiental para el desarrollo de un estudio de impacto.

En el año de 1997, con la Ley N° 26786 se modifica el artículo 51 del DL N° 757, en el sentido que los sectores deben proponer al CONAM la relación de actividades que por su riesgo ambiental requieren la presentación de un EsIA, A partir de esta modificatoria, cada sector comenzó a proponer los Términos de Referencia y requerimientos para el desarrollo de los EsIA.

A partir del año 1999, los Estudios de Impacto Ambiental (EsIA) se encuentran normados por Código del Medio Ambiente, y la Ley N° 27446 "Ley del Sistema de Evaluación del Impacto Ambiental"; que indican la necesidad de categorizar los EsIA de acuerdo al riesgo ambiental de la obra a ejecutarse o ejecutada; se debe considerar que para cualquier obra de infraestructura que implique la remoción de bosque, suelos o alteración de las condiciones naturales de un paisaje se debe realizar el EsIA.

De acuerdo a lo anterior y a la propuesta del reglamento del CONAM, el proyecto se califica como un proyecto que genera impactos leves o moderados, por lo tanto le corresponde la realización de un EsIA a nivel de semidetalle. Para el desarrollo del estudio se asume el marco de referencia propuesto por el reglamento.

Por las características del proyecto, el sector encargado de la evaluación del estudio y posterior Declaración de Impacto será el Ministerio de Agricultura, por tratarse un proyecto que incide directamente sobre el recurso agua. Sin embargo, deberán realizarse consultas al INRENA, específicamente a la Dirección General de Aguas, así como al Distrito de Riego de la Zona.

El proyecto en mención, por sus características, pertenece a un proyecto agrícola y como tal debe enmarcarse dentro de las normas propuestas por el sector correspondiente, sector Agrario, como tal, el proyecto se ajustará a la Resolución Jefatural N° 021-95-INRENA, el cual aprueba la "Guía para la formulación de términos de referencia para los estudios de impacto ambiental en el Sector Agrario", dicha norma proporciona las pautas necesaria para la elaboración de esta en proyectos agrarios, sin embargo, esta guía se ajusta a proyectos en zonas de costa y de gran envergadura, por lo que para el presente estudio, fue necesario realizar algunas modificaciones, que permitan ajustar el nivel del estudio así como el tamaño del proyecto.

La evaluación de los estudios de impacto ambiental, aun no se tiene definido la institución responsable, pero por DS N° 056 97 PCM, establece casos en que la aprobación de los EIA y PAMA requieren la opinión técnica del INRENA, alteración en el flujo y/o calidad de las aguas superficiales y subterráneas, represamientos y canalización de cursos de agua; remoción del suelos y de la vegetación, alteración de hábitat de fauna silvestre y otros.

9.10 ACCIONES E INFRAESTRUCTURAS DEL PROYECTO SUCEPTIBLES DE PRODUCIR IMPACTOS AMBIENTALES

En esta etapa de estudio, se identifican y analizan las acciones del proyecto que puedan ser origen de impactos sobre el medio natural, para detectar de mejor manera las acciones que causan impactos negativos y positivos, se realizará un análisis del Estudio a Nivel de Factibilidad de la obra de construcción, clasificando las actividades de acuerdo a las etapas del proyecto, ver cuadro siguiente:

Actividades
Limpieza de sitio
Construcción de infraestructura provisional
Despeje, desbroce
Trazo y replanteo
Construcción, mantenimiento y mejoramiento de vías de acceso
Explotación de canteras (extracción y apilamiento de material)
Carguío de material
Transporte de materiales
Movimiento de tierras
Encofrado

Vaciado de infraestructuras, solado, MAMPOSTERIA
Revestido, tarrajeo, emboquillado, impermeabilización con geomembrana
Eliminación de material excedente

Fuente: Estudio de Definitivo del Proyecto

En la fase de operación se desarrollaran las siguientes acciones:

- ✓ Funcionamiento de campamentos
- ✓ Almacenamiento de agua
- ✓ Conducción y distribución del agua
- ✓ Captación de agua
- ✓ Aplicación parcelaria por gravedad
- ✓ Aplicación parcelaria por aspersión
- ✓ Intensificación de uso de suelo
- ✓ Diversificación de cultivos
- ✓ Fertilización química
- ✓ Control fitosanitario
- ✓ Capacitación
- ✓ Organización

9.11 ZONIFICACION DEL PROYECTO

El área de influencia se considera a aquel espacio físico en donde se observarán las repercusiones sobre el aspecto biótico, físico y social de las actividades del proyecto, determinándose un área de influencia directa e indirecta.

La zona de influencia directa se considera aquella en la cual se desarrollan las actividades propias del proyecto que repercuten directamente sobre su entorno; se considera la cuenca del río Carnicería Pampa.

La zona de intervención indirecta se considera a todo el espacio territorial que recibe indirectamente los impactos del proyecto, considerándose en nuestro caso al espacio comprendido en los límites distritales de Huamanguilla.

Es en la zona de influencia directa, donde se realizan la identificación y valoración de impactos así como las descripciones del medio físico, biológico y socioeconómico.

9.12 ANÁLISIS DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

9.12.1 IDENTIFICACION DE IMPACTOS

Para la identificación de impactos se utilizará la matriz de causa – efecto, en la cual se interrelacionarán en una matriz de doble entrada los factores ambientales de la zona de influencia del proyecto versus las actividades del proyecto. La identificación de impactos se realizará de acuerdo a la siguiente relación:

■ = Impactos Negativos

■ = Impactos Positivos

La identificación se realiza conjuntamente que el equipo de profesionales responsables de la elaboración del proyecto.

9.12.2 CARACTERIZACION DE IMPACTOS

Los siguientes párrafos explican de manera cualitativa las condiciones de impacto en cada una de las variables afectadas por el proyecto, esta caracterización es netamente descriptiva para entender la naturaleza de los impactos y los factores que los producen.

Impacto sobre el aire

El impacto sobre el aire está referido principalmente a la generación de partículas suspendidas (PM10), producto de los trabajos de movimiento de tierras y transporte de materiales, este último debido a que el transporte de materiales se realizarán en camiones de alto tonelaje sobre una superficie de rodadura de tierra poco coherente.

Igualmente se prevé que las voladuras afectarán el aire de la zona, en vista que las voladuras en condiciones de humedad generan gases tóxicos, compuestos principalmente de Óxido Nítrico, que puede llegar a formar ácido nítrico que afectaría suelos y agua.

Igualmente se considera que el aire será afectado negativamente por la generación de gases tóxicos en los campamentos (circulación de vehículos) y quema de desechos.

Impacto sobre el agua

No se presentan mayores impactos sobre el agua superficial, es posible que los movimientos de tierras, construcción de infraestructuras y la excavación de zanjas en lecho de río, alteren la calidad del agua por el incremento de sedimentos en el río Lluncuna, sin embargo estos impactos serán de baja intensidad y fugaces.

La aplicación de materiales como el cemento e impermeabilizantes en la construcción de las infraestructuras y obras de arte, afectarán la calidad del agua, pero estos también

son impactos de baja intensidad y fugaces; así mismo, el incremento de fertilizantes y pesticidas en la fase de operación, podrá generar problemas de contaminación acuática, sin embargo, este tendrá un comportamiento diferenciado, mientras que en las zonas donde se aplique riego por gravedad, es posible que las aguas lixivien estos productos hacia los cauces principales; en el caso de riego por aspersión estos impactos se ven reducidos grandemente, en ambos casos la aplicación de programas de capacitación, reducirán este impacto.

Se prevé que los mayores impactos sobre el agua se dará en la fase de operación, así tendremos impactos negativos en la captación del agua del cauce del río Lluncuna, dicha acción producirá primero la alteración del caudal natural del río, especialmente en el tramo comprendido entre la bocatoma. La captación del agua y su conducción hacia las zonas de riego, especialmente en las zonas de riego por gravedad, generan pérdidas de diversa magnitud.

Pero también cuando el proyecto comience a operar, generará beneficios en cuanto a la disponibilidad hídrica, se tendrá una mayor cantidad de agua en la cuenca, la cual servirá para mantener un régimen de agua constante en gran parte de la cuenca del río Lluncuna, las acciones de mejoramiento en los canales, evitará grandes pérdidas, al mejorarse la capacidad de conducción. Igualmente, la aplicación de riego y la capacitación como respaldo, permitirá grandes ahorros de agua.

Impacto sobre el medio biótico

El mayor impacto sobre el medio biótico lo generará la construcción y mejoramiento de las represas y la construcción de obras de arte complementarias a la presa.

La construcción de la represa provocara en primera instancia la perdida de cobertura vegetal en la zona de construcción y los lugares de abastecimiento de tierra; así mismo, una vez comience a operar la presa, se afectara directamente por inundación las áreas de pastizales circundantes al cauce del río de Carnicería Pampa.

La fauna del lugar, principalmente la asociada a las quebradas, sufrirá un fuerte impacto en cuanto a la alteración de sus habitas y perturbación de sus hábitos y costumbres, al menos en el periodo de construcción de la infraestructura, provocando con ello un alejamiento temporal de la zona.

La vegetación también será afectada por las acciones de mejoramiento y Rehabilitación de las vías de acceso, especialmente en los tramos del que atraviesan formaciones vegetales naturales de tipo arbustivo y semiarbustivo, en el cual la vegetación presenta condiciones de naturalidad importantes. Gran parte de la vía de acceso atraviesa principalmente áreas de cultivo y pastizales, pero en sus alrededores se ha establecido una formación vegetal natural de tipo ruderal, compuesta principalmente de arbustos y

herbáceas, que en algunos sectores presentan una diversidad importante, las cuales se verán afectados por las acciones de construcción y mejoramiento de las vías de acceso.

La construcción de infraestructuras como canal de aproximaciones, aliviadero de demasías y obras de arte, supondrá la eliminación total de la vegetación en el lugar de su emplazamiento; así mismo, el entorno de estas zonas se verán afectados por el movimiento del personal y maquinaria así como la acumulación y eliminación de materiales (lechada de cemento, impermeabilizante, combustible, aceites, grasas y pinturas).

La eliminación de la vegetación y los movimientos de tierra en las áreas de vegetación natural, desposeerán a la fauna silvestre de lugares de alimentación y refugio, afectando principalmente a los consumidores primarios e indirectamente a los secundarios (por la eliminación de sus presas), como consecuencia de estas acciones se prevé la pérdida de la fauna silvestre residente de estas zonas o en el mejor de los casos su desplazamiento a otras zonas, lo cual significará un descenso sensible en las poblaciones de fauna de la zona de intervención del proyecto. Este mismo efecto tendrá los ruidos producidos por la utilización de maquinaria y las voladuras.

En la fase de operación no se esperan mayores impactos sobre el medio biótico, sin embargo, el desarrollo agrícola de la zona así como la mayor disponibilidad hídrica en zonas secas, posibilitará el desarrollo no solo de la vegetación cultivada sino también de la vegetación natural.

En cuanto a la fauna, la implementación de áreas de cultivo, permitirán una mayor disponibilidad de alimento, especialmente para la fauna asociada a los terrenos de cultivo.

Impacto sobre el Medio Perceptual (Calidad Visual y Ruido)

En la etapa de construcción las características paisajísticas de la zona se verán alteradas por la eliminación de cobertura vegetal natural y alteración de la topografía (cortes y rellenos), así como la introducción de infraestructuras que afectan las líneas naturales.

En la fase de funcionamiento la implementación de cultivos y el reverdecimiento de la zona permitirán el mejoramiento paisajístico de la zona.

Los niveles de ruido en la zona serán alterados de forma fugaz y de manera moderada a intensa; los lugares donde se producirán mayores ruidos serán aquellos donde se construya infraestructura de gran magnitud (represa), mientras que en el resto los niveles de ruido generado serán bajos.

Impacto sobre la Roca

En la fase de construcción la roca será el factor más seriamente afectado, debido a las pérdidas de lecho rocoso generados por los movimientos de este material así como la ocupación permanente por las infraestructuras construidas.

En el trazo principal de vías de acceso, en su situación actual padece de procesos erosivos de diferentes tipos e intensidades, las fuertes pendientes y las características litológicas de esta zona, hacen que sean muy susceptibles a la erosión. Dentro de las zonas más susceptibles a la erosión se encuentra en las cercanías al eje de presa, las cuales, donde se encuentran eventos geodinámicos que pueden ser reactivados o potenciados por las acciones de mejoramiento de la vía.

La contaminación química de la roca por la aplicación de fertilizantes y pesticidas es otro impacto previsto, el uso de fertilizantes químicos así como productos fitosanitarios, pueden llegar a contaminar el suelo así como las aguas, sin embargo las condiciones de aplicación de agua en la parcela, permiten asumir que los desperdicios de estos productos en el suelo serán mínimos.

Impacto sobre El Medio Socioeconómico

El impacto socioeconómico del proyecto se refleja en tres aspectos fundamentales: rendimientos, ingresos económicos y creación de puestos de trabajo, lo cuales repercutirán sobre el nivel de vida de la población beneficiada.

El aumento de los rendimientos de los diferentes cultivos con riego generará un aumento directo sobre los ingresos económicos de la población beneficiaria, asimismo, indirectamente el proyecto generará el incremento de la disponibilidad monetaria y dinamizando la economía de la zona.

Las construcciones de las obras así como la dinamización de la actividad agrícola, permitirá el aumento de los niveles de empleo, ya que se generan empleos temporales y permanentes que deberán ser cubiertos no solo por pobladores de la zona y lugares cercanos.

Otro impacto importante, sobre el medio socioeconómico se da sobre los niveles de organización de la población, lo cual no solo repercutirá en la gestión del proyecto sino también en potenciar los impactos positivos que generará el proyecto.

9.12.3 DETERMINACION DEL IMPACTO GLOBAL DEL PROYECTO

En el anterior acápite hemos cuantificado la importancia de los impactos producidos por las acciones del proyecto sobre el medio ambiente, a partir de esta matriz extraemos los factores ambientales más impactados y los expresamos en forma de impactos, luego hallamos el impacto final, el cual es la diferencia entre la situación del medio ambiente

modificado por causa del proyecto y la situación natural de cómo habría evolucionado sin la presencia del proyecto.

Para esto se utilizará una matriz de valoración cualitativa, mediante el método de Batelle modificado.

Para la elaboración del cuadro se considera que un sistema ambiental completo bajo estudio, tiene un peso total de 1000 unidades, la asunción de los pesos sobre las variables ambientales está en función a la importancia relativa que tiene el factor ambiental frente a las condiciones naturales y socioeconómicas que presenta la zona; los valores de ponderación para cada uno de estos valores:

9.13 PLAN DE MANEJO AMBIENTAL

El Plan de Manejo Ambiental (PMA) para el proyecto Construcción Sistema de Riego Carnicería Pampa, proporciona una conexión esencial entre los impactos predichos y las medidas de mitigación especificadas entre los reportes de la EA, implementaciones y las actividades operacionales.

El PMA presentado precisa en forma esquemática las actividades/medidas ambientales preventivas, de mitigación, de compensación, de contingencia organizada en programas y subprogramas, la división de programas se da en base a las diferencias entre las diferentes actividades programadas y los subprogramas surgen para abordar cada uno de los impactos priorizados anteriormente.

9.13.1 DESCRIPCION DEL PLAN DE MANEJO

Recuperación de Topsoil

En las zonas de pastizales y áreas agrícolas, previo al movimiento de suelos se deberá recuperar la capa superior de los suelos (40 cm de profundidad) mediante el uso de maquinaria. Este suelo deberá ser transportado hacia zonas de almacenamiento, dichas zonas deberán ser preparadas con la construcción de canales de derivación.

Los costos que genere esta actividad estarán incluidos en las operaciones de movimiento de material (excavación, extracción, aplicación y transporte de material de préstamo), simplemente tendrá que cambiarse la estrategia operativa.

Almacenamiento y Protección de Topsoil

La tierra será acumulada en pilas no mayores a los 5 metros de altura con taludes de 1:2, las pilas deberán ser protegidas de la erosión ya sea mediante el uso de un geotextil.

Los costos que genere esta actividad estarán incluidos en las operaciones de movimiento de suelos (Apilación y transporte de material de préstamo), simplemente tendrá que cambiarse la estrategia operativa.

Disminución de las Pérdidas de Agua

Consiste en mejorar la eficiencia de conducción de los canales, así como la eficiencia de distribución y aplicación, para esto se tendrá que diseñar un sistema de monitoreo constante para evitar pérdidas por infiltraciones, así como la capacitación en técnicas de riego a los productores.

No implica costos adicionales, los costos deberán estar incluidos en el programa de capacitación.

Mantenimiento del Caudal Ecológico de la Cuenca del Río Lluncuna

Es necesario fijar un régimen de caudales ecológico con el fin de proteger el hábitat fluvial en la cuenca del río Lluncuna, para esto será necesario modificar el sistema de operación de la represa y regular las descargas para que después de la captación de agua para satisfacer las necesidades de riego, debe quedar al menos el 10% del caudal medio mensual para que discurra por el cauce, con esto se espera mantener las condiciones ecológicas de todo el tramo.

Control de Ruidos

El control de ruidos se realizará mediante la implementación de horarios de trabajo, en las zonas de nivel sonoro bajo, se implementará horarios de trabajo que no coincidan con las horas de máxima actividad de la fauna, así se evitará iniciar operaciones entre las 5 y 7 de la mañana.

No implica costos, simplemente cambio de estrategias de construcción.

En el caso inevitable de generar ruidos a lo largo de todo el día, se deberán establecer barreras sónicas, simplemente se construye cercos de unos 1,50 a 2,00 de alto utilizando arpilleras sujetas con fierros de construcción.

No representa costos adicionales al proyecto, se utilizará los materiales de desecho de la construcción.

Capacitación y Organización de la Población y Personal de la Obra

Estas actividades ya se encuentran programadas y presupuestadas en el Estudio a Nivel de Factibilidad del proyecto. Solamente habrá que ampliar la capacitación al personal obrero y técnico de la obra en temas como seguridad ocupacional, control de

emergencias y protección del medio ambiente. Esta capacitación y sensibilización facilitara la implementación de las acciones de mitigación y control ambiental.

Implementación de un Sistema de Gestión de Desechos de Obra

El personal técnico elaborara con la ayuda de un asesor en gestión ambiental un sistema de manejo de desechos de obra (alambres, maderas, bolsas plástica, bolsas de papel, restos de hormigón, etc), el cual deberá ser difundido entre todo el personal y deberá ser de cumplimiento estricto.

El costo está ligado al establecimiento de normas claras en cuanto a la eliminación de residuos de obra, evitándose dejar residuos sólidos o líquidos en la zona de obra, para ello se ubicaran botaderos provisionales para su acumulación y posterior eliminación de la zona de obra. El sistema de gestión contemplara actividades de recolección, separación, reuso y tratamiento de los desechos generados en la obra.

Ubicación y Adecuación de Lugares de Eliminación de Desmontes

Se ubicarán y adecuarán lugares apropiados para recibir los residuos provenientes de obra, dicha zona deberá estar ubicado fuera de la zona de influencia de las obras, contar con vías de acceso y que no represente riesgo para la generación de mayores problemas ambientales.

Manejo de Desechos de Campamento

Al igual que los desechos de obra, los residuos sólidos generados en los campamentos se ajustaran a un plan de gestión de residuos.

Este plan se basa en el reuso y reciclaje de los diferentes residuos producidos en el campamento, para esto la propuesta contempla, se comenzara con la segregación en origen, mediante la ubicación de contenedores, en el cual se permita segregar más detalladamente los residuos sólidos producidos, así se evitara mezclar los residuos orgánicos de los inorgánicos y dentro de estos separar los residuos de papeles, plásticos, maderas y metales. Otro criterio fundamental del plan será de evitar que los residuos domésticos producidos en las zonas administrativas (oficinas) y de servicios (comedores y servicios higiénicos), se mezclen con los residuos de tipo domestico producido en las áreas de mantenimiento mecánico y almacenes.

Una vez segregados los residuos, su tratamiento y disposición final se facilitara, pudiéndose tener residuos susceptibles de reuso o reciclaje. Los residuos peligrosos como aceites, restos de combustibles, pilas, baterías usadas, serán transportados hacia un relleno industrial.

Los residuos inorgánicos no peligrosos (plásticos, maderas, papeles, telas, metales) deberán ser segregados y enviados para su reciclaje.

Los residuos orgánicos (restos de alimentos) podrán ser tratados directamente en la zona a través de micro rellenos o composteras.

Los residuos líquidos de los campamentos (aguas residuales domésticas y aguas residuales industriales), deberán pasar por un proceso de plantas de sedimentación, una vez concluido el periodo de ocupación del campamento estas áreas serán rellenas y revegetadas.

Los costos de implementación de este plan deberán ser asumidos en la etapa constructiva, y se deben realizar modificaciones al proceso de operación de campamentos.

Adecuación de Sitios de Obra

Una vez concluidas las obras, se procederá a la restitución de la zona aledaña, para eso se comenzara con las acciones de reposición de la capa orgánica del suelo y su revegetación.

En caso de presentarse suelos contaminados con aceites, cemento o concreto, se removerá la capa superior de este suelo hasta una profundidad de 10 cm, se remplazara con una capa de suelo orgánico y se revegetara.

En los suelos compactados se rastrilla, se cubre con un capa de suelo orgánico y se revegeta.

Cierre de Campamentos

Una vez concluida la construcción de las obras y se retire el campamento, se procederá a eliminar los suelos contaminados, rastrillar los suelos compactados cubrirlos con una capa de suelo orgánico y revegetarlos.

9.14 IDENTIFICACION DE GRUPOS DE INTERES EN EL AREA DE INFLUENCIA DEL PROYECTO

Con base a los estudios antropológicos del Estudio a Nivel de Factibilidad del proyecto, se realizó una tipificación de las diferentes categorías que engloban las actividades de los distintos grupos, de manera tal, que se pudo delinear la estructura social en el área de influencia del proyecto. Esta tipificación por categorías permitirá establecer una adecuada planificación y estrategias para el desarrollo de las reuniones de consulta.

Las categorías encontradas fueron las siguientes:

- *Política:* Corresponde a las autoridades políticas a cargo del gobierno municipal, formado por el alcalde, regidores del municipio provincial de Huamanguilla.
- *Comunal:* Corresponde a los representantes de las comunidades campesinas involucradas en el proyecto, que incluye todos sus comités referidos al uso y manejo de los recursos naturales específicamente agua, suelos, bosques y pastos.
- *Económica:* Corresponde a los diferentes agentes productivos particulares y organizados en gremios, como productores, comerciantes, pescadores, industriales, servicio de transporte.
- *Administración pública:* corresponde a funcionarios estatales encargados de las funciones de fomento, control y supervisión de la agricultura, salud, educación, industria, comercio y turismo.
- *Organizaciones privadas:* Corresponde a los encargados de servicios privados como banca, telefonía, transporte, servicios y comercio.
- *Organizaciones Sociales base:* Correspondiente a los representantes de grupos sociales que se organizan en torno a diversos temas como junta de regantes, asociaciones de productores, clubes de madres, comité de vaso de leche, comedores populares.
- *ONGs:* Corresponde a organizaciones no gubernamentales que desarrollan acciones de manejo y conservación de recursos naturales así como fomento de la educación y salud.
- *Religiosa:* Corresponde a los representantes de los diferentes credos que se practican en la zona de influencia directa e indirecta del proyecto.

A continuación se presenta un cuadro que representa en forma general los actores involucrados en el proyecto y su papel en el sistema general del proyecto

Categoría	Actor activada regional y local	Fundamento para su elección
Política	Gobierno Nacional : Ministerio de Agricultura, INRENA, DIGESA, Regional : Gobierno Regional de Huancavelica Municipal : Municipalidad provincial de Huaytará.	Responsables de la aprobación del EIA Autoridades regionales y locales, responsables de elaborar y conducir los planes de desarrollo en el ámbito local
Comunal	Comunidades campesinas	Propietarios de la mayoría de las áreas agrícolas y pecuarias así como las zonas de captación de agua.
Económico	Servicios como tiendas de insumos agrícolas, abarrotes, mercados, restaurantes y comercio en general	Venta de insumos para la actividad agropecuaria así como sus productos

	Productores agrícolas, pecuarios, individuales, microempresas de transformación y artesanales	Responsables de la producción agrícola, pecuaria,
	Productores pesqueros	Producción pesquera de la zona
Administración pública	Productivos (Agencia agraria, Agencia de INRENA, Dirección Regional de Pesquería, Comité de regantes)	Responsables de manejo y conservación de los recursos naturales
	Servicios Sociales	Responsables de la seguridad y brindar servicios de educación ya salud
	Organizaciones educativas: Universidades, Institutos, Profesores.	Formadores y capacitadores, líderes de opinión
Organismos privados	Banca	Responsables de la actividad comercial, financiamiento, pago y crédito.
	Electricidad, Telefonía y Transporte	Responsables del servicio de electricidad, telefonía y transporte que colabora a la actividad agropecuaria
Medios de comunicación	Prensa local, radio y televisión	Responsables de la difusión de la información local y formadores de opinión
Organizaciones de base	Junta de regantes	Control del agua de riego
	Comedores populares, vaso de leche	Alimentación popular
	Colegios Profesionales	Asociaciones profesionales que emiten opinión técnica sobre aspectos concernientes a su especialización.
	Clubes de madres	Alimentación familiar y promotoras de cambio en las costumbres alimenticias
ONGs		Fomento de actividades de desarrollo rural y conservación de recursos naturales
Religiosas	Iglesia católica y evangélica	Formadora de conciencia, valores
	Grupos de jóvenes	Formadores de conciencia y valores en personas jóvenes.

Para concluir, se presenta los grupos de interés de acuerdo a una priorización para incorporarlos en el proceso de consulta y determinar estrategias particulares para cada grupo:

Grupo de interés local: comprende todas aquellas personas u organizaciones que podrían ser afectada de manera directa por alguna actividad del proyecto o que podrían interactuar de manera contraria a la implementación del mismo, por sentirse vulnerados en algunos de sus derechos.

El área de afectación directa: se refiere al espacio geográfico en donde se ubican elementos físicos, biológicos o socioeconómicos que interactúan con cualquiera de las actividades de implementación del proyecto.

Entre los grupos de interés local están: los gobiernos locales, las comunidades campesinas, las organizaciones de productores, las organizaciones políticas, la iglesia y los medios de comunicación.

El trabajo con estos grupos debe ser directo e intenso, debiéndose adoptar estrategias de participación que permitan identificar y solucionar los conflictos generados por el proyecto.

Grupos de interés regional: Comprende todas aquellas personas u organizaciones que perciben de manera indirecta algunos efectos derivados de la implementación del proyecto y que también pueden interactuar de manera opuesta a la implementación del mismo.

Se ha considerado en este nivel el Gobierno Regional de Ayacucho como el principal actor, específicamente a través de sus gerencias de Planificación y desarrollo así como Recursos Naturales.

También se consideran dentro de este grupo las universidades, institutos y colegios profesionales, los cuales podrán actuar como asesores técnicos y emitir opinión técnica sobre cualquier aspecto técnico que interese a la comunidad.

El trabajo con estas organizaciones deberá ser netamente consultivo y técnico

Grupos de interés nacional: se han considerado dentro de este grupo a las entidades del gobierno nacional relacionadas con la aprobación de actividades del proyecto y fiscalización del mismo, tales como el Ministerio de Agricultura, El Instituto de Manejo de Recursos Naturales (INRENA), Ministerio de Salud (Dirección General de Salud – DIGESA). Dichas instituciones estarán representadas por su representación regional o local, así se convocara a la Dirección Regional de Agricultura y sus Agencias Agrarias correspondientes, Dirección Regional de Salud, Dirección Regional de Pesquería.

ANEXO X
NORMATIVIDAD PARA PRESAS

COMISION INTERNACIONAL DE GRANDES PRESAS (ICOLD)

La proliferación de presas en todo el mundo y los importantes problemas técnicos, económicos y sociales que plantean, ha llevado a constituir una entidad internacional para intercambiar experiencias y hacer llegar una más depurada tecnología a todos los países. Fue creada en 1928.

Esta entidad es conocida internacionalmente por su anagrama en inglés, ICOLD (International Commission on Large Dams), o en francés, CIGB (Commission Internationale des Grandes Barrages), que son los idiomas oficiales. En lo sucesivo utilizaremos el anagrama inglés en las referencias.

En 1997 el número de países miembros era 80. La actividad que se desarrolla tiene fundamentalmente las siguientes formas:

- **Congresos Internacionales**, Se celebran cada tres años, variando su sede de uno a otro. En cada uno se estudian cuatro temas, también variables, que se discuten durante las sesiones. Tanto los textos presentados (ponencias o rapports) como las discusiones se publican en tomos bilingües.
- **Comisión Ejecutiva y Simposios**. Es el órgano rector y administrativo de la ICOLD, y se reúne anualmente, cada vez en un país distinto. Coincidiendo con ella se organiza un simposio sobre un tema específico, con una organización similar a la de los congresos.
- **Comités Técnicos**, Están formados por vocales de distintos países para estudiar los temas de mayor interés y actualidad. Después de consultas o cuestionarios a los países miembros y contando con la experiencia personal los vocales del comité, éste elabora y publica un texto (Boletín) para que la experiencia recogida sirva a todos los países, particularmente a los más necesitados de ella. Algunos boletines están traducidos al español el Comité Español de Grandes Presas, que es el órgano nacional - de la ICOLD.

La actividad de la ICOLD es de gran utilidad, pues recoge la experiencia de países y personas de la máxima solvencia, abarcando todo el panorama de los problemas presísticos.

Es de hacer notar que aunque los idiomas oficiales son el inglés y el francés, en los últimos congresos y simposios el Comité Español ha conseguido establecer, a su cargo, la traducción simultánea directa e inversa a nuestro idioma, con la posibilidad de ser utilizado en las intervenciones orales. Los textos escritos sólo se publican en los idiomas oficiales.

LA SEGURIDAD DE LAS PRESAS; NORMAS

Una presa es una obra que requiere una alta garantía de seguridad, dadas las graves consecuencias que se derivarían de un eventual fallo; la misma pérdida de la inversión efectuada en ella, la cesación del servicio (riegos, abastecimientos, regulación, etc.) y, sobre todo, los daños directos producidos por vaciado rápido del agua retenida, normalmente muy superiores al coste de la presa, con la posible afección a vidas humanas.

En las últimas décadas la tecnología ha mejorado sustancialmente, sobre todo en seguridad. Hasta 1975 (A.55) las roturas de presas eran el 0,7 % de las existentes, pero sólo el 0,5 % de las posteriores a 1950, y aún menos para las más recientes.

La importancia económica y social del problema ha llevado a varios países con gran número de presas a promulgar unas normas de seguridad que se han de cumplir en las distintas fases de la vida de una presa: proyecto, construcción, puesta en carga, explotación y en su caso abandono y puesta fuera de servicio.

Las normas son variadas y de diverso enfoque según el país: al principio se preferían detalladas, en general; ahora se tiende más a dar principios generales y dejar su interpretación a los ingenieros que tienen la responsabilidad de la presa.

En España se publicó en 1967 la Instrucción para el Proyecto, Construcción y Explotación de Grandes Presas (A.30), que ha estado vigente hasta el 30 de marzo de 1996, fecha en la que se promulgó por la Dirección General de Obras Hidráulicas el titulado Reglamento Técnico de Seguridad de Presas y Embalses (A. 61), en lo sucesivo citado más brevemente como Reglamento, o Reg., seguido, si procede, de la mención del artículo concernido. La Instrucción del 67 descendía a detalles técnicos y cifras concretas; el Reglamento de 1996 es genérico, centrándose en los criterios generales más importantes. Por ello, para complementarlo y servir de apoyo a su interpretación, el Comité Español de Grandes Presas (en lo sucesivo C.E.G.P.) viene publicando desde 1997 una colección de Guías Técnicas, cada una dedicada a un tema específico, en la que se expone el estado del arte en la materia y se comentan los artículos del Reglamento que la afectan, con unas recomendaciones sobre su interpretación y criterios a seguir. Estas Guías no tienen vigencia oficial, pero su respaldo del C.E.G.P. les da una indudable validez en su uso.

Los títulos de las nueve Guías y su situación editorial se incluyen en la Bibliografía. En el texto se citan por su número, a veces abreviadamente con su inicial G.

A continuación tenemos gradiente hidráulico máximo que pueden alcanzar de acuerdo al tipo y clase de presa. De acuerdo al reglamento del Cuerpo e ingenieros de los Estados Unidos.

CUADRO DE LA CLASE DE PRESA

SUELO DE LA CIMENTACION	ALTURA DE LA PRESA EN m, QUE DETERMINA LA CLASE DE OBRA			
	I	II	III	IV
Arenosa, detriticos, arcillosas en estado compacta y semicompacta	>75	35-75	15-35	<15
Arcillosas saturadas y estado plástico	>50	25-50	15-25	<15

GRADIENTES HIDRAULICAS ADMISIBLES PARA SUELOS BLANDOS

DESCRIPCION		CLASE DE PRESA			
		I	II	III	IV
MATERIAL DE LA CIMENTACION	Arcilla Compacta	0.90	1.00	1.10	1.20
	Suelo Arcilloso	0.45	0.50	0.55	0.60
	Arena Gruesa	0.36	0.40	0.44	0.48
	Arena Media	0.30	0.33	0.36	0.40
	Arena Fina	0.23	0.25	0.27	0.30

Una buena correlación se ha obtenido entre el RMR de Bieniawski de la clasificación de rocas y las gradientes hidráulicas para tener un diseño conservador.

GRADIENTES HIDRAULICAS ADMISIBLES EN ROCA

Condición general de la roca RMR- Evaluación del Macizo Rocoso	Máxima Gradiente Hidráulica Admisible m/m
Muy Buena Roca Maciza, dura, ampliamente diaclasada $81 < RMR < 100$	15 - 30
Buena Roca Dura o moderadamente dura, moderadamente diaclasada $61 < RMR < 80$	10 - 14
Roca Moderada a débil Medianamente diaclasada $41 < RMR < 60$	7 - 9
Roca Pobre Débil, cercanamente diaclasada o cortada $21 < RMR < 40$	5 - 6
Roca Muy Pobre Muy Débil, probablemente erosionable $RMR < 20$	3 - 4

El cuadro ilustra la selección de la gradiente para un valor definido de RMR. Es importante indicar que en uso de la gradiente hidráulica se estableció durante la construcción de la presa CFRD Salvajina (148m) en Colombia.

CLASIFICACION DE LOS SUELOS PROPENSOS A LA EROSION INTERNA

REFERENCIA DE RESISTENCIA	CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS
Mejor resistencia a la Erosión interna	1. Arcilla de alta plasticidad (IP>15). Bien compactada 2. Arcilla de alta plasticidad (IP>15), mal compactada 3. Arena bien graduada o mezcla de grava y arena con finos arcillosos de media plasticidad (IP>6).
Media resistencia a la Erosión interna	4. Arena bien graduada o mezcla de grava y arena con finos arcillosos de media plasticidad (IP>6). Bien compactado 5. Mezcla de grava, arena y limo bien graduada (IP<6) 6. Mezcla de grava, arena y limo bien graduada (IP<6). Mal compactada
Peor resistencia a la Erosión interna	7. Arena fina muy uniforme sin cohesión (IP<6). Bien compactada 8. Arena fina muy uniforme sin cohesión (IP<6). Mala compactada.

COEFICIENTE DE SEGURIDAD EN FUNCION DE LA CLASE DE OBRA

CLASE DE OBRA	COEFICIENTE DE SEGURIDAD K_s
I	1.25
II	1.2
III	1.15
IV	1.1

ANEXO XI
PANEL FOTOGRAFICO



FOTOGRAFIA N° 01: Vista panorámica de la zona del proyecto



FOTOGRAFIA N° 02: Se puede observar la ubicación de los pozos para la perforación e inyección de concreto



FCTCGRAFIA N° 03: Vista pruebas de permeabilidad (Ensayo de Lefranc).



FCTOGRAFIA N° 04: Vista pruebas de permeabilidad (Ensayo de Lugeon).



FOTOGRAFIA N° 05: Instalación de geotextil y geomembrana (PVC e=2mm) en zanja de dentellón.



FOTOGRAFIA N° 06: Compactación del material arcilloso zanja de dentellón

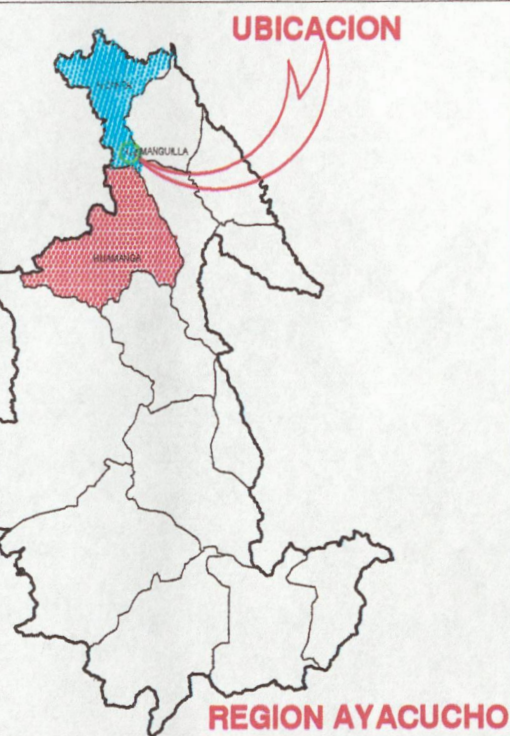
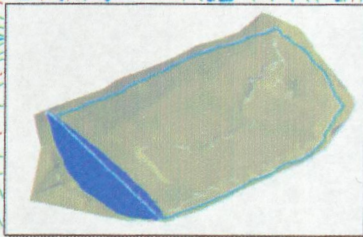
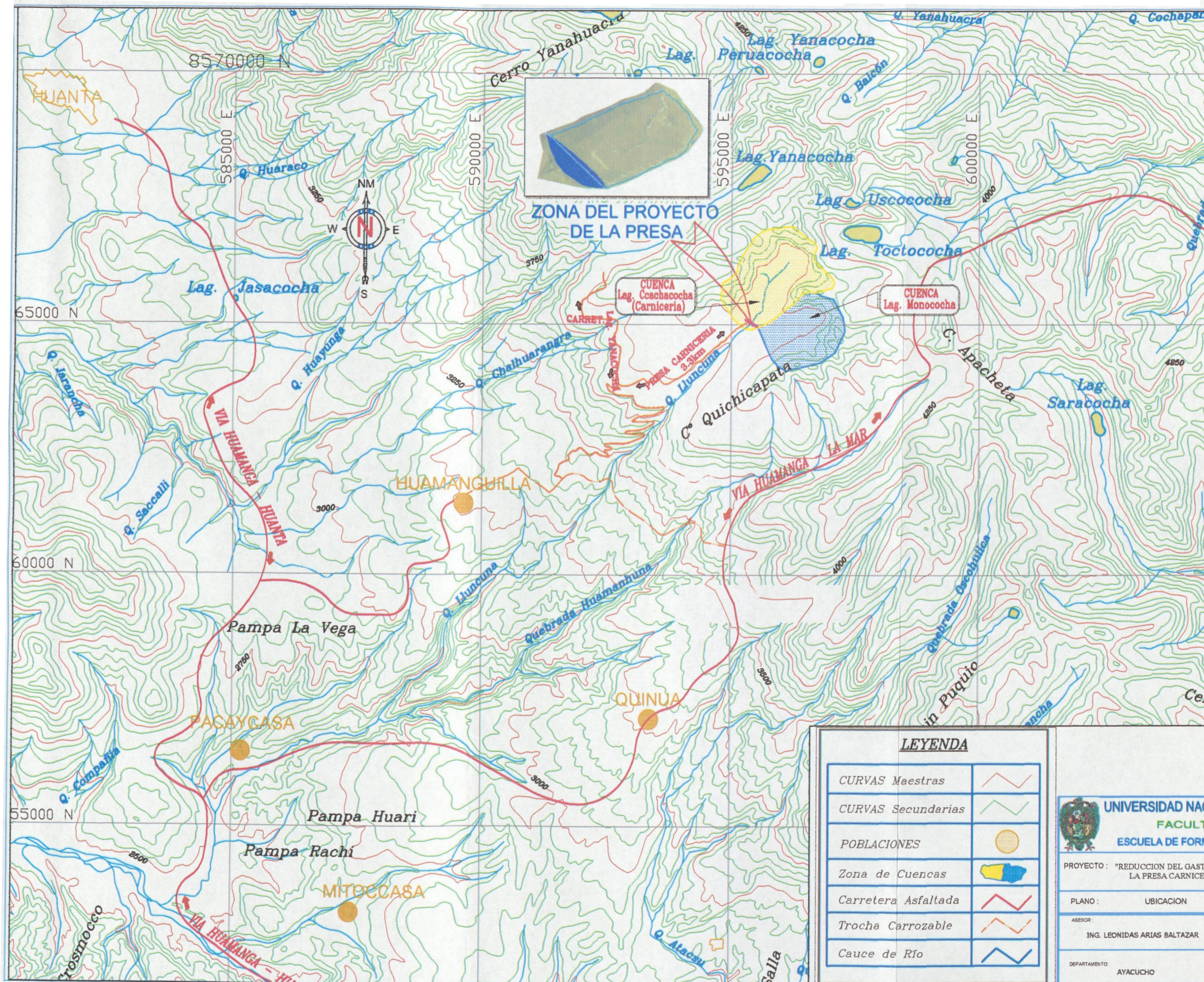


FOTOGRAFIA N° 07: Cuerpo y espaldón concluido de la presa.



FOTOGRAFIA N° 08: Instalación de geotextil y geomembrana (PVC $e=2mm$) talud aguas arriba de la presa.

ANEXO XII
PLANOS



LEYENDA

CURVAS Maestras	
CURVAS Secundarias	
POBLACIONES	
Zona de Cuencas	
Carretera Asfaltada	
Trocha Carrozable	
Cauce de Río	

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA

PROYECTO: "REDUCCION DEL GASTO DE FILTRACION POR INYECCION DE IMPERMEABILIZACION EN LA PRESA CARNICERIA PAMPA - HUAMANGUILLA - HUANTA - AYACUCHO - 2014"

PLANO: UBICACION

ASESOR: ING. LEONIDAS ARIAS BALTAZAR	DISEÑO: LAPA NAVARRO, ROBERTO	LAMINA: P-01
DEPARTAMENTO: AYACUCHO	ESCALA: INDICADA	FECHA: 01/1/2015
		DIBUJO: L.N.R.

REGISTRO DE LA PERFORACIÓN P - 01

ENTIDAD PROPIETARIA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE HUAMANGULLA
 PROYECTO ESTUDIO NIVEL DEFINITIVO PRESA CARNICERIA PAMPA
 UBICACIÓN MARGEN IZQUIERDA DEL RIO
 PROFUNDIDAD TOTAL PROGRAMADA 30.00 METROS
 PROFUNDIDAD TOTAL EJECUTADA 30.00 METROS
 DIAMETRO FINAL NQ
 FECHA MARZO 2009

PERFORACIÓN Nº P - 01
 ESTRUCTURA EJE DE PRESA CARNICERIA PAMPA
 PROFUNDIDAD NIVEL FREATICO 0.40 METROS
 INCLINACIÓN DEL SONDEO 90°
 PERFORISTA MANUEL CUSIRAMOS

Nº de Cajas	Descripción Litológica y Geotécnica	Espesor capa	Simbología	PRUEBA DE PERMEABILIDAD				Ensayo SPT N golpes	R. Q. D.	
				K (cm / seg)	Caudal Promedio	Nivel Freatico	Tamaño			Tiempo de Prueba
Caja 1	Deposito cuaternario Bofedal: suelo organico de color negro con raices organicas, con grava de clastos de 1" a 1 1/2"	0.00 - 1.00	OL	4.993 x E - 04 cm/seg	7.000 cm3/s	0.40 metros	0.00 - 4.00 m	16 minutos	4.00	1
Caja 2	Deposito cuaternario: Glaciofluvial Grava bien graduada limosa con arena, de color marron oscuro, con fragmentos subangulosos a redondeados, constituidos por: grava 60%, arena 30%, limos 5%, boloneria 5%, presenta clastos de tamaños variados comprendidos de 1/2" - 1"; 1" - 1 1/2"; 1 1/2" - 2", son materiales de riolitas a riolitas porfiriticas, andesitas, ignimbritas y esporadicas intrusivas, etc.	1.00 - 1.50	GP	5.973 x E - 03 cm/seg	201.00 cm3/s	0.40 metros	4.00 - 10.00 m	13 minutos	6.00	2
Caja 3	Deposito cuaternario Glaciofluvial Arenas limosa con gravas, bien graduada limpias, de color marron oscuro, con fragmentos subangulosos a subredondeados, constituidos por: arenas 65%, grava 30%, limos 5%.	1.50 - 11.50	SM	8.820 x E - 03 cm/seg	225.50 cm3/s	0.40 metros	10.00 - 15.00 m	13 minutos	10.00	3
Caja 4	Deposito cuaternario Glaciofluvial Grava con arena poco limos.	11.50 - 4.00	GP	7.774 x E - 03 cm/seg	230.33 cm3/s	0.40 metros	15.00 - 20.00 m	13 minutos	15.00	4
Caja 5	Deposito cuaternario Glaciofluvial Grava con arenas con poco limos presenta clastos de 2/4" - 3/4" ; 1 1/2" - 2", esporadicos bolos de 2 1/2", cuyos componentes son riolitas, andesitas e intrusivas, etc.	4.00 - 20.00	GP	7.994 x E - 03 cm/seg	234.167 cm3/s	0.40 metros	20.00 - 25.00 m	13 minutos	20.00	5
Caja 6	Deposito cuaternario Glaciofluvial Grava con arenas con poco limos presenta clastos de 2/4" - 3/4" ; 1 1/2" - 2", cuyos componentes son riolitas, andesitas e intrusivas, etc.	20.00 - 10.00	GP	9.432 x E - 03 cm/seg	241.167 cm3/s	0.40 metros	25.00 - 30.00 m	13 minutos	25.00	6
Caja 7	Sin clasificacion S/C Boloneria con grava arenosa mal graduada con poco limos presenta en sus clastos con oxidos limoniticos de tamaños 2 1/2" en 55%, grava 30% arena 10% y limos 5%.	10.00 - 2.00	S/C							7

REGISTRO DE LA PERFORACIÓN P - 02

ENTIDAD PROPIETARIA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE HUAMANGULLA - AYACUCHO
 PROYECTO ESTUDIO NIVEL DEFINITIVO LA PRESA CARNICERIA PAMPA
 UBICACIÓN MARGEN DERECHA DEL RIO
 PROFUNDIDAD TOTAL PROGRAMADA 30.00 METROS
 PROFUNDIDAD TOTAL EJECUTADA 30.00 METROS
 DIAMETRO FINAL NQ

PERFORACIÓN Nº P - 02
 ESTRUCTURA EJE DE PRESA CARNICERIA PAMPA
 PROFUNDIDAD NIVEL FREATICO 0.40 METROS
 INCLINACIÓN DEL SONDEO 90°
 PERFORISTA MANUEL CUSIRAMOS

Nº de Cajas	Descripción Litológica y Geotécnica	Espesor capa	Simbología	Avance (m)	Ensayo SPT N golpes	PRUEBA DE PERMEABILIDAD				R. Q. D.		
						K (cm / seg)	Caudal Promedio	Nivel Freatico	Tamaño		Tiempo de Prueba	Longitud del Tramo
Caja 1	Deposito cuaternario Glaciofluvial Grava arenosa con poco limos presenta clastos de 2/4" - 3/4" ; 1 1/2" - 2", cuyos componentes son riolitas, andesitas etc.	0.00 - 7.00	GP	1	26	1.77 x E - 02 cm/seg	214.50 cm3/s	0.40 metros	0.00 - 5.00 m	16 minutos	5.00	1
Caja 2	Deposito cuaternario Glaciofluvial Arenas bien graduadas bien limpias con poca grava presenta clastos de tamaño variado comprendidos de 1/2" - 1"; 1" - 1 1/2"; 1 1/2" - 2", esporadico bolos 2 1/2" son materiales de riolitas porfiriticas, andesitas, ignimbritas, etc.	7.00 - 19.00	SP	2	10	2.071 x E - 02 cm/seg	223.167 cm3/s	0.40 metros	6.00 - 11.00 m	15 minutos	6.00	2
Caja 3	Deposito cuaternario Glaciofluvial Arenas gravosa con poco limos presenta clastos de 2/4" - 3/4" ; 1 1/2" - 2", cuyos componentes son riolitas, andesitas e intrusivas, etc.	19.00 - 4.00	SP	3		1.317 x E - 02 cm/seg	222.17 cm3/s	0.40 metros	11.00 - 15.00 m	15 minutos	5.00	3
Caja 4	Deposito cuaternario Glaciofluvial Grava con arenas poco limosas, marron oscuro en humedo y marron claro en seco, clastos de grava 3 a 5 mm. y 6 a 10 mm. y arenas de < 2 mm. clasto de grava son roca ignimbritas.	4.00 - 19.00	SP	4		2.369 x E - 03 cm/seg	85.667 cm3/s	0.40 metros	15.00 - 20.00 m	16 minutos	5.00	4
Caja 5	Deposito cuaternario Glaciofluvial Grava con arenas con poco limos presenta clastos de 2/4" - 3/4" ; 1 1/2" - 2", cuyos componentes son riolitas, andesitas e intrusivas, etc.	19.00 - 19.00	SP	5		3.029 x E - 03 cm/seg	101.83 cm3/s	0.40 metros	20.00 - 25.00 m	16 minutos	5.00	5
Caja 6	Deposito cuaternario Glaciofluvial Grava con arenas con poco limos presenta clastos de 2/4" - 3/4" ; 1 1/2" - 2", cuyos componentes son riolitas, andesitas e intrusivas, etc.	19.00 - 4.00	SP	6		3.069 x E - 03 cm/seg	103.167 cm3/s	0.40 metros	25.00 - 30.00 m	16 minutos	5.00	6

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA

PROYECTO: "REDUCCION DEL GASTO DE FILTRACION POR INYECCION DE IMPERMEABILIZACION EN LA PRESA CARNICERIA PAMPA - HUAMANGULLA - HUANTA - AYACUCHO - 2014"

PLANO: PERFORACIONES

ASISTENTE: ING. LEONIDAS ARIAS BALTAZAR

DISEÑO: LAPA NAVARRO, ROBERTO

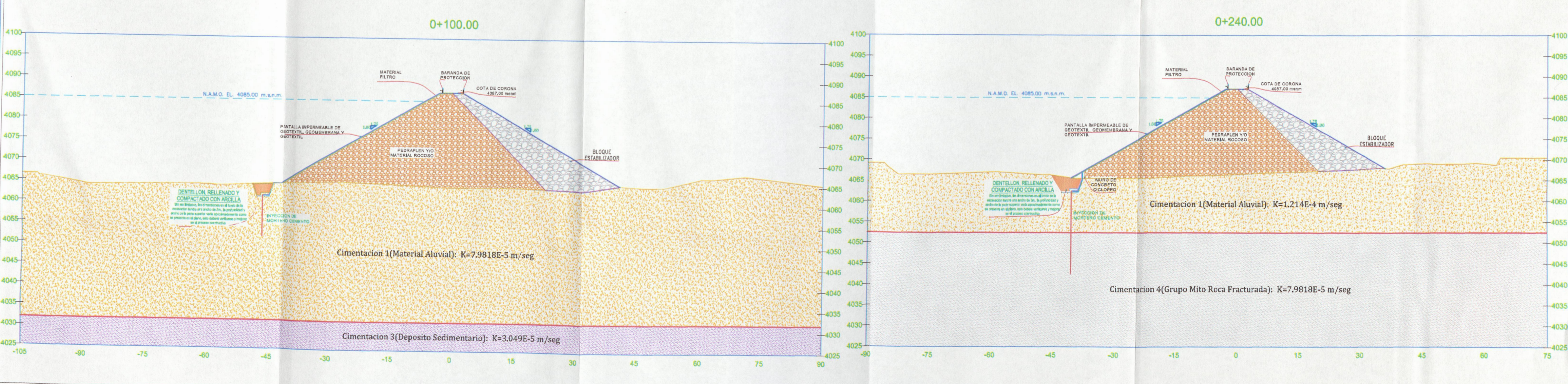
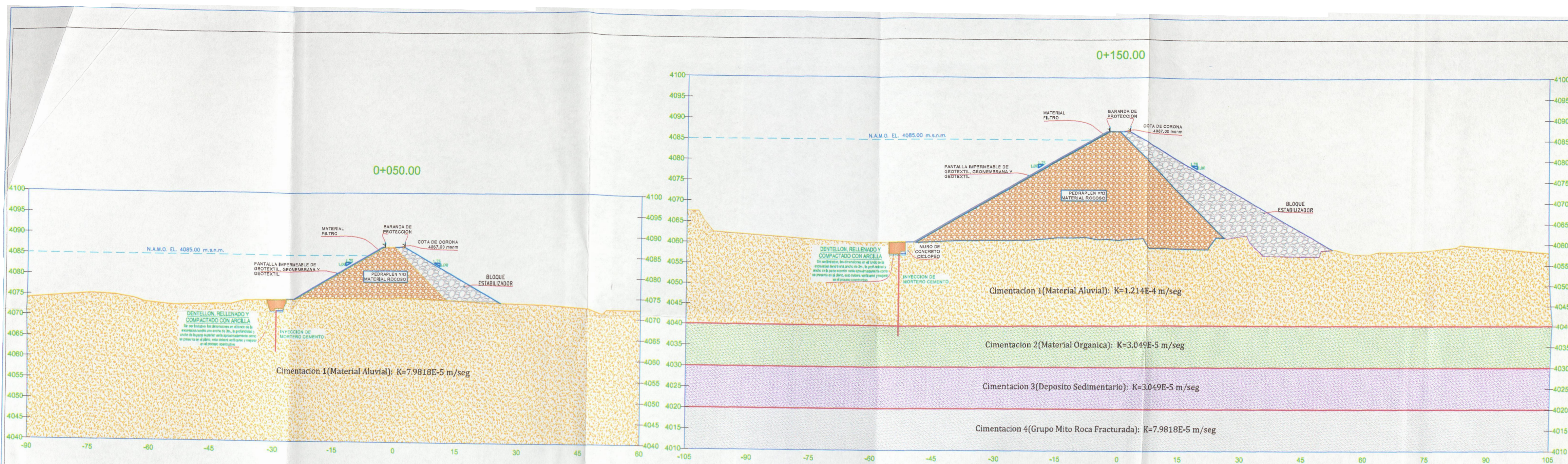
DEPARTAMENTO: AYACUCHO


ESCALA: INDICADA

FECHA: 05/11/2009

LAMINA Nº: P-02

DIBUJO: L.N.A.




UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTOBAL DE HUAMANGA
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA

PROYECTO: "REDUCCION DEL GASTO DE FILTRACION POR INYECCION DE IMPERMEABILIZACION EN LA PRESA CARNICERIA PAMPA - HUAMANQUILLA - HUANTA - AYACUCHO - 2014"

PLANO: SECCIONES TRANSVERSALES			
ASESOR: ING. LEONIDAS ARIAS BALTAZAR	DISEÑO: LAPA NAVARRO, ROBERTO	LABORA Nº: ST-04	
DEPARTAMENTO: AYACUCHO	ESCALA: INDICADA	FECHA: 01/11/2014	DISEÑO: L.N.B.