

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS, GEOLOGÍA Y CIVIL
ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA INFORMÁTICA



**“SOFTWARE PARA DISEÑAR UN TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE
DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA EFICIENTE; HS INGENIERIA E.I.R.L, 2017”**

Tesis presentada por : Bach. Sulca Quispe, Clerk

Para optar el título de : Ingeniero Informático

Tipo de investigación : Observacional, retrospectiva, transversal y descriptiva

Asesor : MSc. Ing. Efraín Elías Porras Flores.

AYACUCHO - PERÚ

2017

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradezco a Dios, por ser mi guía y ayudarme a lograr mis objetivos.

A mis padres Adrián y Alejandra, quienes me brindan su apoyo incondicional para seguir adelante a pesar de las dificultades.

A mis maestros, quienes supieron guiarme en esta etapa, contribuyendo a mi formación profesional, brindándome sus conocimientos y enseñanzas.

DEDICATORIA

A mis padres, por enseñarme el desafío de innovar y descubrir que siempre se puede mejorar productos e ideas.

A. Karen H. A. La chica con chispa fuente de mi inspiración y alegría.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	i
DEDICATORIA	ii
CONTENIDO	iii
RESUMEN	vi
INTRODUCCIÓN	vii

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 DIAGNOSTICO Y ENUNCIADO DEL PROBLEMA	1
1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	2
1.3 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.4 JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.4.1 IMPORTANCIA DEL TEMA.....	3
1.4.2 JUSTIFICACIÓN.....	4
1.4.3 DELIMITACIÓN	4

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES	5
2.2 MARCO TEÓRICO	6
2.2.1 EL TRANSFORMADOR	6
2.2.2 PARTE ACTIVA	17
2.2.3 PARTE MECÁNICA	23
2.2.4 PARTE TÉRMICA	26
2.2.5 ACCESORIOS DEL TRANSFORMADOR	27
2.2.6 EFICIENCIA	29
2.2.7 PÉRDIDA DEL TRANSFORMADOR.....	29
2.2.8 PROCESO ÁGIL DE PROGRAMACIÓN EXTREMA.....	29
2.2.9 SISTEMA GESTOR DE BASE DE DATOS.....	37
2.2.10 PROGRAMACIÓN ORIENTADA A OBJETOS (POO)	39
2.2.10.1 ELEMENTOS DE LA PROGRAMACION ORIENTADO A OBJETOS.....	40
2.2.10.2 CARACTERÍSTICAS DE LA PROGRAMACION ORIENTADO A OBJETOS	41

2.2.11 ALGORITMOS GENÉTICOS (GA)	43
2.2.12 MODELO VISTA CONTROLADOR	45
2.2.13 MVC PARA APLICACIONES DESKTOP	48
2.2.14 POBLACIÓN Y MUESTRA	49
2.2.15 MUESTREO	50
2.2.15.1 MUESTREO POR CONVENIENCIA	50

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	51
3.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	51
3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	51
3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA	52
3.4.1. POBLACIÓN	52
3.4.2. MUESTRA.....	52
3.5 VARIABLES E INDICADORES	52
3.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA EL LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN	53
3.6.1 TÉCNICAS PARA RECOLECTAR LA INFORMACIÓN.....	53
3.6.2 INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR LA INFORMACIÓN	54
3.6.3 TÉCNICAS PARA APLICAR EL PROCESO ÁGIL XP.....	55

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DEL TRANSFORMADOR MEDIANTE ALGORITMOS GENETICOS.....	60
4.2. ARTEFACTOS DEL SOFTWARE APLICANDO EL PROCESO XP	61
4.2.1 FASE DE EXPLORACIÓN.....	61
4.2.2 FASE DE PLANIFICACIÓN	63
4.2.3 FASE DE ITERACIÓN	67
4.2.4 PLAN DE ITERACIÓN.....	78
4.2.5 INTERFAZ DE USUARIO Y CODIFICACION	80
4.3 TARJETA CLASE RESPONSABILIDAD Y COLABORACIÓN (CRC).....	87
4.4 IMPLEMENTACIÓN	94
4.5 CASOS DE PRUEBA Y ACEPTACIÓN	99

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES.....	103
5.2. RECOMENDACIONES	103
BIBLIOGRAFÍA	105
ANEXOS.....	108

RESUMEN

Las especificaciones del cliente y las normas vigentes guían el diseño del transformador, pero no lo determinan. Esta determinación viene dada por la selección de las variables elegidas por la experiencia del diseñador como son; el rango de densidad de corriente, la inducción en el núcleo magnético, la altura de los bobinados y el voltaje por espira, estas variables, son los que terminan definiendo el diseño del transformador. Al cambiar los valores de estas variables cambiará el transformador diseñado, por lo tanto, se pueden llegar a crear muchos diseños de transformadores trifásicos de distribución eléctrica distintos, con diferentes eficiencias que están relacionados con su pérdida y el nivel de funcionamiento.

Esta investigación se realizó con el propósito de obtener el diseño del transformador trifásico de distribución eléctrica eficiente, mediante la implementación de un software para diseñar un transformador trifásico de distribución eléctrica eficiente basado en algoritmos genéticos, que nos ayudaran en el cálculo de la parte activa, mecánica y térmica, y la elección de los parámetros, proporcionando la mejor opción de diseño, de acuerdo a la comisión eléctrica internacional (CEI) 60076-1 y los requerimientos de los clientes.

La investigación se realizó en la ciudad de Ayacucho, es una investigación de tipo observacional, retrospectivo, transversal y descriptivo. El software para diseñar un transformador trifásico de distribución eléctrica eficiente se implementó mediante Algoritmos Genéticos (GA), programación extrema, un administrador de base de datos relacional y la programación orientada a objetos. Para la recolección de datos se utilizará la técnica de análisis documental.

La investigación ha permitido desarrollar una aplicación desktop para el diseño de un transformador trifásico de distribución eléctrica eficiente, realizando cálculos de las bobinas eléctricas de media y baja tensión, el núcleo magnético, el tanque, la transferencia de calor, el protocolo de diseño con cálculos de (las pérdidas en hierro y cobre, la eficiencia, la tensión de corto circuito y la corriente de vacío) y la selección de accesorios de acuerdo a la potencia, generando reportes (planos de bobinas, núcleo y tanque), para su fabricación reduciendo los tiempos de diseño.

Palabras Claves: Algoritmos Genéticos, Transformador Trifásico de distribución eléctrica, eficiencia, software de diseño.

INTRODUCCIÓN

El transformador trifásico de distribución eléctrica, la tensión de alimentación principal se reduce a la tensión de utilización; 220, 380 y 440 voltios, para uso doméstico e industrial. La carga en este tipo de transformadores varía ampliamente, y a menudo están sobrecargados. Un valor más bajo de pérdidas en vacío es deseable para mejorar la eficiencia diaria. (Memije, 2014, pp.11-27).

La eficiencia de los transformadores trifásicos de distribución eléctrica depende de la potencia, de la carga que se conecte, de su factor de potencia y las pérdidas propias del transformador (de vacío y de plena carga). Esta eficiencia no será constante para todos los grados de carga conectada. El porcentaje de eficiencia de un transformador trifásico de distribución eléctrica está en el intervalo de 95 a 99%. (Guevara, 2014, p.36).

La parte activa es el sistema de transformación de energía, compuesto por el núcleo ferromagnético, los arrollamientos y las conexiones de media y baja tensión. La parte mecánica (tanque metálico) es la envolvente y la parte térmica compuesto por aceite dieléctrico a portan el aislamiento y la refrigeración necesaria del transformador. (Ormazábal, 2013, p.8).

El presente proyecto se realizó con el interés de contribuir con una herramienta tecnológica que permita brindar el diseño de transformador trifásico de distribución eléctrica eficiente de acuerdo CEI 60076-1. Cada fabricante tiene sus propias ecuaciones para los cálculos, de acuerdo con los límites establecidos por la norma vigente, que son capaces de generar muchas soluciones de diseño, originando demora en la elección de los parámetros de diseño adecuados para su fabricación.

Se tiene como objetivos específicos: (a) Aplicando algoritmos genéticos calcular y diseñar la parte activa de un transformador trifásico de distribución eléctrica, con la finalidad de dimensionar el núcleo, las bobinas y el canal radial; (b) Aplicando algoritmos genéticos calcular y diseñar la parte mecánica de un transformador trifásico de distribución eléctrica, con la finalidad de dimensionar el tanque; (c) Aplicando algoritmos genéticos calcular y diseñar la parte térmica de un transformador trifásico de distribución eléctrica, con la finalidad de dimensionar el gradiente de las bobinas y la transferencia de calor; (d) Seleccionar los accesorios de un transformador trifásico de distribución eléctrica, con la finalidad de obtener los accesorios, mecánicos, eléctricos y electrónicos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1 DIAGNOSTICO Y ENUNCIADO DEL PROBLEMA

En la actualidad, en la empresa HS Ingeniería E.I.R.L se está diseñando y fabricando transformadores trifásicos de distribución eléctrica utilizando hojas de cálculo y gráficos ajustados a su proceso de fabricación que genera errores agregados a esta forma de diseño, por lo tanto, existe la necesidad de constantes ajustes a los valores de las pérdidas, para determinar el transformador solicitado por el cliente.

Para la elaboración del transformador trifásico de distribución eléctrica tenemos numerosas soluciones posibles, esto genera que el diseñador tome más tiempo para diseñar un transformador eficiente.

En las siguientes tablas presentamos los ajustes de los valores de las pérdidas, tensión de corto circuito, corriente de vacío y peso, por nivel de tensión, y grupo de conexión.

Potencia en kva	Voltaje de media tensión	Voltaje de baja tensión	Grupo de conexión	Pérdida en vacío en Watts	Perdida en carga en Watts	Tensión de corto circuito (%)	Corriente de vacío	Peso en kg
100	22900	460	Dyn5	321	1946	4.7	3.3	490
100	22900	460	Dyn5	312	1918	4.4	3.1	485
100	22900	460	Dyn5	306	1907	3.9	3	468
100	22900	230	Dd6	325	1826	4.2	3.4	600
100	22900	230	Dd6	310	1807	3.9	3	581
100	10000	230	Dd6	318	1818	4.6	3.1	587
100	10000	400	Dyn5	333	1836	4.1	3.3	591
100	10000	400	Dyn5	308	1805	3.2	3.1	568
100	10000	400	Dyn5	315	1811	3.9	3	585

Tabla N° 1.1 Ajuste de diseño para potencias de 100KVA (HS, 2015)

Potencia en kva	Voltaje de media tensión	Voltaje de baja tensión	Grupo de conexión	Pérdida en vacío en Watts	Perdida en carga en Watts	Tensión de corto circuito (%)	Corriente de vacío	Peso en kg
800	22900	440	YNyn0	1215	6527	5.1	1.3	1968
800	22900	440	YNyn0	1200	6450	5.3	1.4	1950
800	22900	440	YNyn0	1260	6680	5.7	1.8	2000
800	22900	400	Dyn11	1180	6341	5.2	1.2	1900
800	22900	400	Dyn11	1085	6169	4.9	1.3	1890
800	22900	400	Dyn11	1218	6456	5.5	1.3	1928
800	10000	230	Dy5	1198	6417	5.1	1.4	1915
800	10000	230	Dy5	1150	6232	5	1.3	1900
800	10000	230	Dy5	1092	6175	4.8	1.2	1889

Tabla N°1.2 Ajuste de diseño para potencias de 800KVA (HS, 2015)

Potencia en kva	Voltaje de media tensión	Voltaje de baja tensión	Grupo de conexión	Pérdida en vacío en Watts	Perdida en carga en Watts	Tensión de corto circuito (%)	Corriente de vacío	Peso en kg
1000	22900	460	Dyn5	2042	15037	5.4	1.7	3221
1000	22900	460	Dyn5	2092	14798	5.2	1.5	3200
1000	22900	460	Dyn5	2180	14668	5	1.5	3198
1000	22900	400	Yd5	1988	14974	5.3	1.5	3250
1000	22900	400	Yd5	1991	14771	5.2	1.5	3200
1000	22900	400	Yd5	2005	14671	5	1.5	3220
1000	22900	230	YNyn0	2050	14851	5.8	1.9	3205
1000	22900	230	YNyn0	2046	14732	5.1	1.5	3005
1000	22900	230	YNyn0	2062	14698	5	1.5	3225

Tabla N°1.3 Ajuste de diseño para potencias de 1000KVA (HS, 2015)

1.2 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

PROBLEMA PRINCIPAL

¿De qué manera diseñar un transformador trifásico de distribución eléctrica eficiente en el rango de potencias de 100 KVA a 1000 KVA, HS Ingeniería E.I.R.L - Ayacucho, 2017?

PROBLEMAS SECUNDARIOS

- ¿Cómo calcular y diseñar la parte activa, mecánica y térmica de un transformador trifásico de distribución eléctrica para mejorar la eficiencia?
- ¿Cuáles son los accesorios necesarios para un transformador trifásico de distribución eléctrica?

1.3 OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un software para diseñar un transformador trifásico de distribución eléctrica, mediante técnicas e instrumentos, algoritmos genéticos (GA), programación extrema, un administrador de base de datos relacional, lenguaje de programación orientador a objetos, con la finalidad que el transformador de distribución eléctrica sea eficiente, en el rango de potencias 100 KVA a 1000 KVA, HS Ingeniería E.I.R.L- Ayacucho, 2017.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Aplicar los algoritmos genéticos para calcular y diseñar la parte activa, de un transformador trifásico de distribución eléctrica, con la finalidad de dimensionar el núcleo, las bobinas y el canal radial.
- b) Aplicar los algoritmos genéticos para calcular y diseñar la parte mecánica de un transformador trifásico de distribución eléctrica, con la finalidad de dimensionar el tanque.
- c) Aplicar los algoritmos genéticos para calcular y diseñar la parte térmica de un transformador trifásico de distribución eléctrica, con la finalidad de dimensionar el gradiente de las bobinas y la transferencia de calor.
- d) Seleccionar los accesorios de un transformador trifásico de distribución eléctrica, con la finalidad de obtener los accesorios, mecánicos, eléctricos y electrónicos.

1.4 JUSTIFICACIÓN Y DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. IMPORTANCIA DEL TEMA

IMPORTANCIA TÉCNICA

Se implementó un software para diseñar transformadores trifásicos de distribución eléctrica, basado en algoritmos genéticos, nos indicará de manera exacta los fenómenos internos del transformador (transitorios, calentamiento, cortocircuito, etc.) para el dimensionamiento eficiente del transformador trifásico de distribución eléctrica.

El método planteado podrá ser utilizado por estudiantes, docentes de ingeniería eléctrica y fabricantes de transformadores trifásicos de distribución eléctrica.

IMPORTANCIA ECONÓMICA

Al diseñar un transformador trifásico de distribución eléctrica de bajas pérdidas, el transformador no generará gastos de funcionamiento, ni paradas no planificadas, generando un ahorro al usuario final, aportando al crecimiento de la industria y mejorando la calidad de vida de las personas. Para

las empresas fabricantes de transformadores, reducirá los tiempos de diseño, incrementará las ventas y reducirá los gastos por reposición por garantía.

1.4.2. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de software para diseñar un transformador trifásico de distribución eléctrica eficiente reemplazará el proceso actual que se realiza en forma manual, que permitirá a la empresa HS INGENIERIA E.I.R.L, contar con información oportuna y precisa de los diseños y cálculos, reduciendo los tiempos utilizados en el diseño y en el inicio de fabricación.

1.4.3. DELIMITACIÓN

La investigación se realizó en la empresa HS Ingeniería E.I.R.L, el año 2017.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

Tello (2009), concluye que el modelo térmico analítico del transformador de distribución predice razonablemente bien la distribución de temperatura en el devanado (bobina) y dentro de un margen aceptable la aproximación del perfil vertical de temperatura del aceite. Dicho modelo predice un punto de máxima temperatura en las coordenadas de $x=0.1$, y $=0.9$. La posición del mismo varía de acuerdo a la posición de los devanados y núcleo, así como de la separación de los ductos de enfriamiento. El modelo térmico desarrollado es posible aplicarlo en el diseño de transformadores de distribución. Servirá para auxiliar al ingeniero de diseño en la determinación de temperaturas en el devanado y aceite del transformador. Esto dará una mayor profundidad al diseño térmico actual para efectuar ajustes en geometría del transformador. Finalmente, se podrá usar para comparar los resultados de modelos empíricos de determinación de temperatura máxima del conductor y aceite de enfriamiento.

Sánchez (2009), concluye que un diseño basado en libros clásicos da lugar a transformadores demasiado grandes desproporcionados con respecto a los transformadores actuales. Este tipo de diseño está excesivamente basado en tablas y coeficientes obtenidos de forma experimental o en base a diseño pasados, comprobando que los libros de diseño antiguos no son compatibles con los nuevos. Según la bibliografía consultada no se ha encontrado ningún libro que proporcione una guía integral para un diseño de transformadores, todos los libros toman en algún momento decisiones que sólo son válidas para el transformador que está siendo diseñado, pero no para otros transformadores de diferentes potencias y tensiones. Se implementó un programa en Mathcad, los resultados se compararon con los datos que proporciona Dasgupta para un transformador de las mismas características, encontrándose la diferencia más significativa en los kilogramos de cobre utilizados en los devanados (1248 kg con Mathcad y 2012 kg dados por Dasgupta).

Sandoval (2000), concluye que el diseño de transformadores de distribución trifásicos asistido por computadora, brinda ventajas en ahorro de tiempo, más aún con la implementación de la opción de diseño rápido, pues en usuarios expertos reduce a minutos el tiempo de diseño, asegurando resultados confiables, con la posibilidad de ir almacenando los diseños, a medida que se los vaya realizando, en el rediseño de transformadores de núcleo enrollado, para efectos de rebobinado utilizando el núcleo, el tanque y demás accesorios averiados, permitiendo realizar las

correcciones para mejorar el diseño, optimizando los recursos existentes y garantizando siempre el cumplimiento de las normas, generando como resultado, una lista de materiales a utilizarse en la construcción del transformador, así como un costo estimado del mismo.

2.2 MARCO TEÓRICO

2.2.1 EL TRANSFORMADOR

Es un aparato con piezas estáticas con dos o más devanados que por inducción electromagnética, transforma un sistema de voltaje y corriente alterna a otro sistema de voltaje y corriente alterna, usualmente de valores diferentes y en una misma frecuencia, para propósitos de transmisión de potencia eléctrica (Comisión Eléctrica Internacional, 2000, p.09).

El transformador consiste esencialmente en dos o más devanados interrelacionados mediante un flujo magnético mutuo. Si uno de esos devanados, el primario, se conecta a una fuente de voltaje alterno, se produce un flujo alterno cuya amplitud dependerá del voltaje primario y del número de vueltas. El flujo mutuo encadenará al otro devanado, el secundario, e inducirá un voltaje en él, cuyo valor dependerá del número de vueltas de ese devanado (Ras, 1991).

Transformador es un dispositivo estático de uno o más devanados acoplados. Posee un núcleo magnético para inducir el acoplamiento mutuo entre los circuitos. Los transformadores son utilizados en sistemas eléctricos para la transferencia de energía por inducción electromagnética, por lo general con valores modificados de tensión y corriente, pero con la misma frecuencia (Fitzgerald, Kingsley y Umans, 2006, p.57).



Figura 2.1 (Delcrosa, 2014, p.5)

Los transformadores de distribución son máquinas de alto rendimiento con eficiencia al 99%, en cambio cuando están instalados en redes eléctricas de varios niveles de tensión de distribución, las pérdidas en estas redes son relativamente alto. Un estudio realizado por el instituto Leonardo

Energy muestra que un tercio de las pérdidas en sistemas de distribución y transmisión ocurre en transformadores y dos tercios en el resto del sistema (Targosz, 2005).

A. PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

El transformador está compuesto por dos bobinas, una bobina primaria (B1) y una bobina secundaria (B2), las bobinas se pueden superponer o no, en la siguiente figura se muestra el arreglo de las bobinas (Kosow, 2005), (Flanagan, 1992).

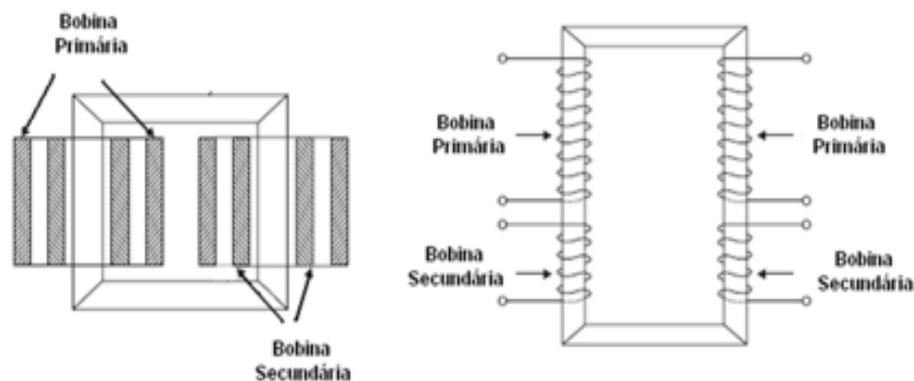


Figura 2.2 Arreglo de las bobinas

La bobina primaria es el que recibe la energía de la red y por acoplamiento magnético, genera tensión en la bobina secundaria, según la figura 2.1, el transformador puede ser elevador o reductor.

Existen diversas formas de construir un transformador, dependiendo de la aplicación, la operación en vacío y la potencia absorbida por el transformador.

Según Coll, Portillo y Rosas (2015) definen la estructura del transformador de distribución eléctrica, características y cálculos necesarios:

B. CÁLCULOS

ESTIMACION DE LAS VARIABLES INDEPENDIENTES

Las variables independientes son de libre elección para el diseñador, estas variables son las densidades de corriente para los bobinados de baja y alta tensión (JBT y JAT), los voltios por espira (VPE), la densidad del flujo magnético máximo en el núcleo (B_{max}) y la altura del bobinado de baja tensión (H).

Densidades de corriente y flujo máximo

Variable	Rango	Valor
Bmax [Gauss]	15000- 19000	17000
Jcu [A/mm2]	2.5 - 4	3.25

Tabla 2.1 Variables independientes

Estos valores influirán en la elección de los conductores, su sección y el voltaje por espira, influyendo directamente en el tamaño de las bobinas, y por lo tanto en las pérdidas, peso y precio.

VOLTAJE POR ESPIRA

Partiendo de la ley de Faraday se pueden desarrollar las ecuaciones necesarias para la determinación del voltaje por espira de las bobinas. Para esto se asume el flujo magnético como una función sinusoidal $\phi(t) = \phi_{max} \cos(\omega t)$ en el tiempo y se llega a lo siguiente:

$$e(t) = \frac{d\phi}{dt} = N\phi_{max}\omega \sin(\omega t) = \sqrt{2}E \sin(\omega t) \Rightarrow \sqrt{2}E = N\phi_{max}\omega \quad (2.1)$$

Por lo tanto se deduce que la tensión eficaz en una bobina de N espiras (Heathcote, 2007, p.29).

$$E = \frac{N\phi_{max} 2\pi f}{\sqrt{2}} \quad (2.2)$$

Y la definición de flujo magnético $\phi_{max} = S_{fe} B_{Max}$ se obtiene la ecuación del voltaje por espira:

$$VPE = \frac{E}{N} = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} f S_{Fe} B_{Max} \quad (2.3)$$

La fórmula 2.3 no está definida en base a los parámetros que define el cliente, por lo tanto se debe crear una función que vincule el valor buscado con los valores requeridos por este. Para esto se calcula la sección del núcleo en función de la potencia nominal del transformador (P (KVA)):

$$P = \frac{3V_1(V)I_1(A)}{1000} \xrightarrow{E=V} P = \frac{6\pi}{1000\sqrt{2}} f S_{Fe} B_{Max} N_1 I_1 \quad (2.4)$$

A su vez cumpliéndose que $N_1 I_1 \simeq N_2 I_2 = NI$, que la densidad de corriente es definida como

$$J = \frac{I}{S} \text{ y que tanto para el bobinado de baja como para el de alta se asumen iguales}$$

$J_{BT} \simeq J_{AT} = J$, se tiene que:

$$\left. \begin{array}{l} N_1 S_1 = N_2 S_2 \\ N_1 S_1 + N_2 S_2 = S_{Cu} \end{array} \right\} \Rightarrow N_1 S_1 = \frac{S_{Cu}}{2} \Rightarrow NI = J \frac{S_{Cu}}{2} \quad (2.5)$$

Donde S_{Cu} es la sección transversal del cobre de ambos bobinados. Por lo tanto, volviendo a la ecuación 2.3 se tiene que:

$$P = \frac{6\pi}{2000\sqrt{2}} f B_{Max} J S_{Cu} S_{Fe} \quad (2.6)$$

Multiplicando y dividiendo por la sección del núcleo S_{Fe} la ecuación anterior y despejando, se obtiene lo siguiente:

$$S_{Fe} = \sqrt{\frac{2000\sqrt{2}}{6\pi} \frac{1}{f B_{Max} J S_{Fe}}} \sqrt{P} \quad (2.7)$$

De la ecuación 2.7, los términos del flujo magnético máximo y la densidad de corriente se los tiene definidos en base a los valores de la tabla 2.1, la potencia y la frecuencia son determinados por el cliente. Por lo tanto solo resta el valor de la relación entre la sección del núcleo y de los bobinados.

La elección de estos valores es análoga a la de las variables independientes ya mencionadas. La tabla 2.2 muestra el rango de valores

Parámetro	Rango	Promedio
S_{Fe}/S_{Cu}	1.2 - 2.8	1.8

Tabla 2.2 Relación entre la sección del núcleo y bobinas

Se determina la sección del núcleo en función de la potencia requerida por el cliente, con lo cual sustituyendo en la ecuación 2.3 y considerando los valores asumidos se tiene una ecuación de la variable independiente VPE en función de la potencia y la frecuencia solicitada por el fabricante:

$$VPE = \frac{E(V)}{N} = K \sqrt{\frac{f(Hz)}{50}} \sqrt{P(KVA)} \quad (2.8)$$

Donde $K = 0.40$ para el caso de bobinas de cobre. El valor calculado no va a ser el definitivo dado que las espiras son números discretos. Por lo tanto, en base a la tensión de cada bobina, se calcula el número de espiras y se lo redondea a un número natural para luego ajustar el valor de la variable independiente VPE .

ALTURA DEL BOBINADO DE BAJA TENSION

Existe una relación entre el tamaño y la performance de los transformadores. Por ejemplo dos transformadores con la misma relación de transformación pero de distinto tamaño van a tener distintas eficiencias, siendo mejor el de mayor eficiencia.

Análisis dimensionales han revelado que la relación entre la altura de la bobina y la potencia para un transformador es la siguiente (Oce of energy efficiency and U.S department of energy, tech.Rep, 202, p.31)

$$H_{m1} = H_{m0} \cdot (P_1/P_0)^{1/4} = K_H P_1^{1/4} \quad (2.9)$$

La constante K_H se determinó en base a experiencia con distintos transformadores, con lo cual quedan definidas las cinco variables independientes, y se puede comenzar a determinar el diseño.

ANCHO DE CHAPAS Y APILADO DEL NÚCLEO (Apil)

Con la sección del núcleo determinada por la potencia del transformador (ecuación 2.7) se puede obtener el apilado y el ancho de la chapa magnética.

$$S_n = f_0 * D^2 \quad (2.10)$$

Donde:

- f_0 : es el factor geométrico de escala del núcleo magnético
- D : es el diámetro del núcleo que está en función a la potencia del transformador

Calcularemos la sección efectiva con los siguientes factores:

- Factor de apilamiento (f_a): Es la relación entre la sección efectiva de hierro magnético y la sección geométrica está en el rango de 0.95 a 0.97

$$f_a = \frac{S_n}{S_g} \quad (2.11)$$

- Factor geométrico (f_g): Es la relación entre la sección geométrica y la sección del círculo circunscrito.

$$f_g = \frac{S_g}{S_0} \quad (2.12)$$

- Sección efectiva: Es el producto del factor de apilamiento, factor geométrico y la sección del círculo circunscrito

$$S_n = f_a * f_g * S_0 \quad (2.13)$$

La sección del círculo circunscrito es:

$$S_0 = \pi \frac{D^2}{4} \quad (2.14)$$

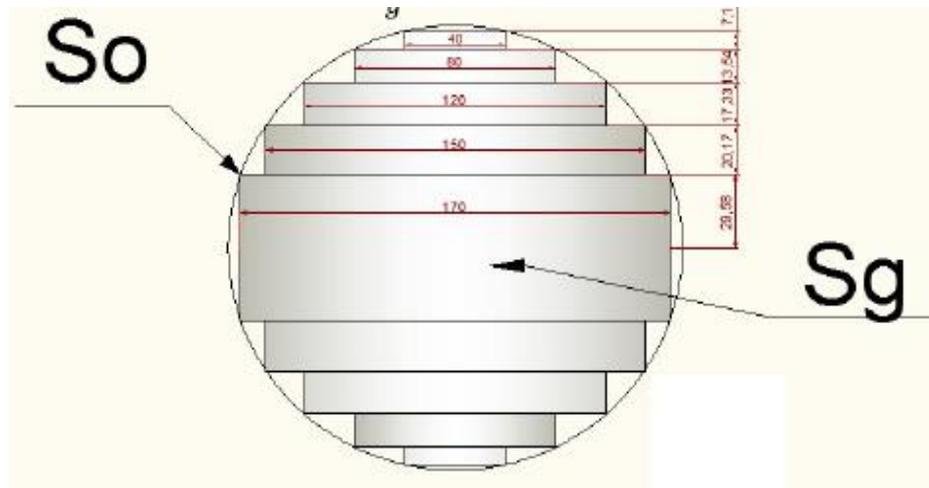


Figura 2.3 Sección geométrica y sección del círculo (Méndez, 2014, p.133)

Peso de núcleo: Es el producto del volumen de la sección de núcleo por el peso específico del hierro magnético.

$$\text{Peso} = \text{volumen} * 7.65 * 10^{-3} \text{ kg/cm}^3 \quad (2.15)$$

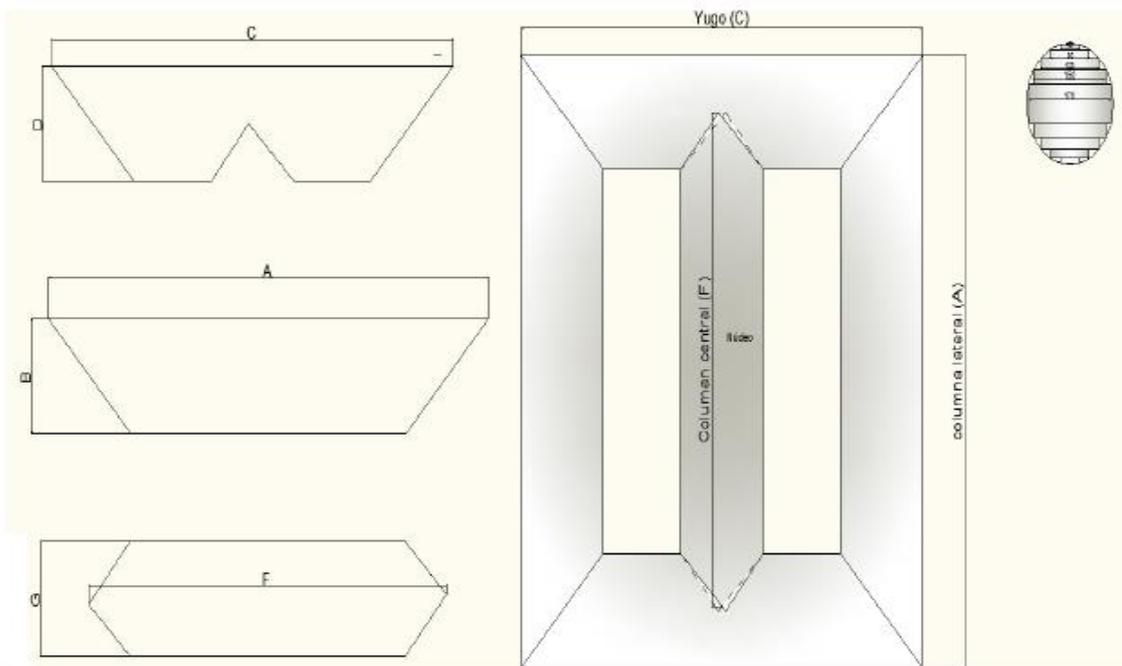


Figura 2.4 Nomenclatura de las dimensiones del núcleo (Méndez, 2014, p.134)

N Pasos	Fracción de circulo ocupada $A_n/\pi R^2$	Coordenadas Normalizadas X_i/R
1	0.6366	0.7071
2	0.7869	0.5257, 0.8506
3	0.8510	0.4240, 0.7070, 0.9056
4	0.8860	0.3591, 0.6064, 0.7951, 0.9332
5	0.9079	0.3138, 0.5336, 0.7071, 0.8457, 0.9494
6	0.9228	0.2802, 0.4785, 0.6379, 0.7700, 0.8780, 0.9599
7	0.9337	0.2543, 0.4353, 0.5826, 0.7071, 0.8127, 0.9002, 0.9671
8	0.9419	0.2335, 0.4005, 0.5375, 0.6546, 0.7560, 0.8432, 0.9163, 0.9723
9	0.9483	0.2164, 0.3718, 0.4998, 0.6103, 0.7071, 0.7921, 0.8661, 0.9283, 0.9763
10	0.9534	0.2021, 0.3476, 0.4680, 0.5724, 0.6648, 0.7469, 0.8199, 0.8836, 0.9376, 0.9793

Tabla 2.3 Número de pasos o escalas del núcleo magnético (Yebeles, 2009, p.16)

CÁLCULO DEL NÚMERO DE ESPIRAS DE LA BOBINA DE BAJA TENSIÓN (NBT)

Calculamos el número de espiras en el lado de la bobina de baja tensión (BT), según la ecuación

$$NBT = \frac{EBT}{4.44 * f * B * S_n} \quad (2.16)$$

Donde:

- f : Frecuencia en HZ.
- EBT : Es la tensión de fase que depende del grupo de conexión
- B : Es la inducción magnética en gauss.
- S_n : Es la sección neta del núcleo magnético

Calculo de la altura de bobina de media y baja tensión (HBT, HAT)

Calculamos la altura de bobina de acuerdo a la siguiente ecuación (2.17)

$$HBT, HAT = \text{altura de ventana} - 2 * (\text{altura refrigeración} + \text{altura relleno}). \quad (2.17)$$

DIMENSIONADO DEL CONDUCTOR DE MEDIA Y BAJA TENSIÓN (CBT, CAT)

Se considera normalmente una densidad de corriente de 2.5 a 3.5 A/mm², esto depende del calentamiento del transformador en estado estable como en estado de transitorio.

La densidad de corriente se calcula de acuerdo a la ecuación (2.18)

$$\delta = \frac{I}{S_{Cu}} \quad (2.18)$$

Donde S_{Cu} es la sección del conductor, I la corriente de la bobina por fase.

Sección de conductores rectangulares								Alambre de Sección Circular				
Espesor (mm)	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	AWG	Sección mm2	D mm	Da mm	d mm
Ancho (mm)												
4.5	6.55	8.73	10.91	13.10	15.28	17.46	19.64	24	0.205	0.511	0.580	0.069
5	7.28	9.70	12.13	14.55	16.98	19.40	21.83	23	0.250	0.573	0.643	0.070
5.5	8.00	10.67	13.34	16.01	18.67	21.34	24.01	22	0.325	0.644	0.714	0.070
6	8.73	11.64	14.55	17.46	20.37	23.28	26.19	21	0.411	0.723	0.798	0.075
6.5	9.46	12.61	15.76	18.92	22.07	25.22	28.37	20	0.518	0.812	0.892	0.080
7	10.19	13.58	16.98	20.37	23.77	27.16	30.56	19	0.653	0.912	0.993	0.081
7.5	10.91	14.55	18.19	21.83	25.46	29.10	32.74	18	0.823	1.024	1.110	0.086
8	11.64	15.52	19.40	23.28	27.16	31.04	34.92	17	1.039	1.150	1.240	0.090
8.5	12.37	16.49	20.61	24.74	28.86	32.98	37.10	16	1.309	1.291	1.380	0.089
9	13.10	17.46	21.83	26.19	30.56	34.92	39.29	15	1.651	1.450	1.550	0.100
9.5	13.82	18.43	23.04	27.65	32.25	36.86	41.47	14	2.001	1.628	1.730	0.102
10	14.55	19.40	24.25	29.10	33.95	38.80	43.65	13	2.624	1.828	1.923	0.102
10.5	15.28	20.37	25.46	30.56	35.65	40.74	45.83	12	3.310	2.053	2.150	0.097
11	16.01	21.34	26.68	32.01	37.35	42.68	48.02	11	4.172	2.305	2.408	0.103
11.5	16.73	22.31	27.89	33.47	39.04	44.62	50.20	10	5.260	2.588	2.695	0.107
12	17.46	23.28	29.10	34.92	40.74	46.56	52.38	9	6.633	2.906	3.020	0.114
12.5	18.19	24.25	30.31	36.38	42.44	48.50	54.56	8	8.376	3.264	3.380	0.140
13	18.92	25.22	31.53	37.83	44.14	50.44	56.75	7	10.550	3.665	3.787	0.122
13.5	19.64	26.19	32.74	39.29	45.83	52.38	58.93					
14	20.37	27.16	33.95	40.74	47.53	54.32	61.11					
14.5	21.10	28.13	35.16	42.20	49.23	56.26	63.29					
15	21.83	29.10	36.38	43.65	50.93	58.20	65.48					
15.5	22.55	30.07	37.59	45.11	52.62	60.14	67.66					
16	23.28	31.04	38.80	46.56	54.32	62.08	69.84					

Tabla 2.4 Sección de conductor rectangular y circular (Méndez, 2009, p.136)

Calculo del ancho de la platina (AP)

$$AP = \frac{\text{Altura de cobre}}{\frac{\# \text{ espiras}}{\text{capa}} + 1} - \text{espesor de aislamiento de platina} \quad (2.19)$$

Calculo del espesor de platina (EP)

$$\text{Espesor de platina} = \frac{\text{sección de cobre} * K1}{\# \text{ de platinas en paralelo en sentido axial} * \text{ancho de platina}} \quad (2.20)$$

Calculo del número de espiras de bobina de media tensión (NAT) de acuerdo a la fórmula (2.21)

$$NAT = \frac{EAT}{4.44 * f * B * S_n} \quad (2.21)$$

Donde:

- f : Frecuencia en HZ.
- EAT : Es la tensión de fase que depende del grupo de conexión

- B : Es la inducción magnética en gauss.
- S_n : Es la sección neta del núcleo magnético

CÁLCULO DE PÉRDIDAS Y CORRIENTE DE VACÍO DEL NÚCLEO MAGNÉTICO.

Las pérdidas de corriente de vacío se calculan a través de las curvas de inducción vs W/KG y la inducción vs VA/KG. En la ecuación (2.22), (2.23) calculamos la pérdida total del núcleo magnético y la corriente de vacío.

$$P_{ft}(\text{watts}) = \frac{W}{Kg} * \text{peso del núcleo} \quad (2.22)$$

$$I_o(\text{amperios}) = \frac{\frac{VA}{Kg} * \text{peso del núcleo}(Kg)}{K * U_s} \quad (2.23)$$

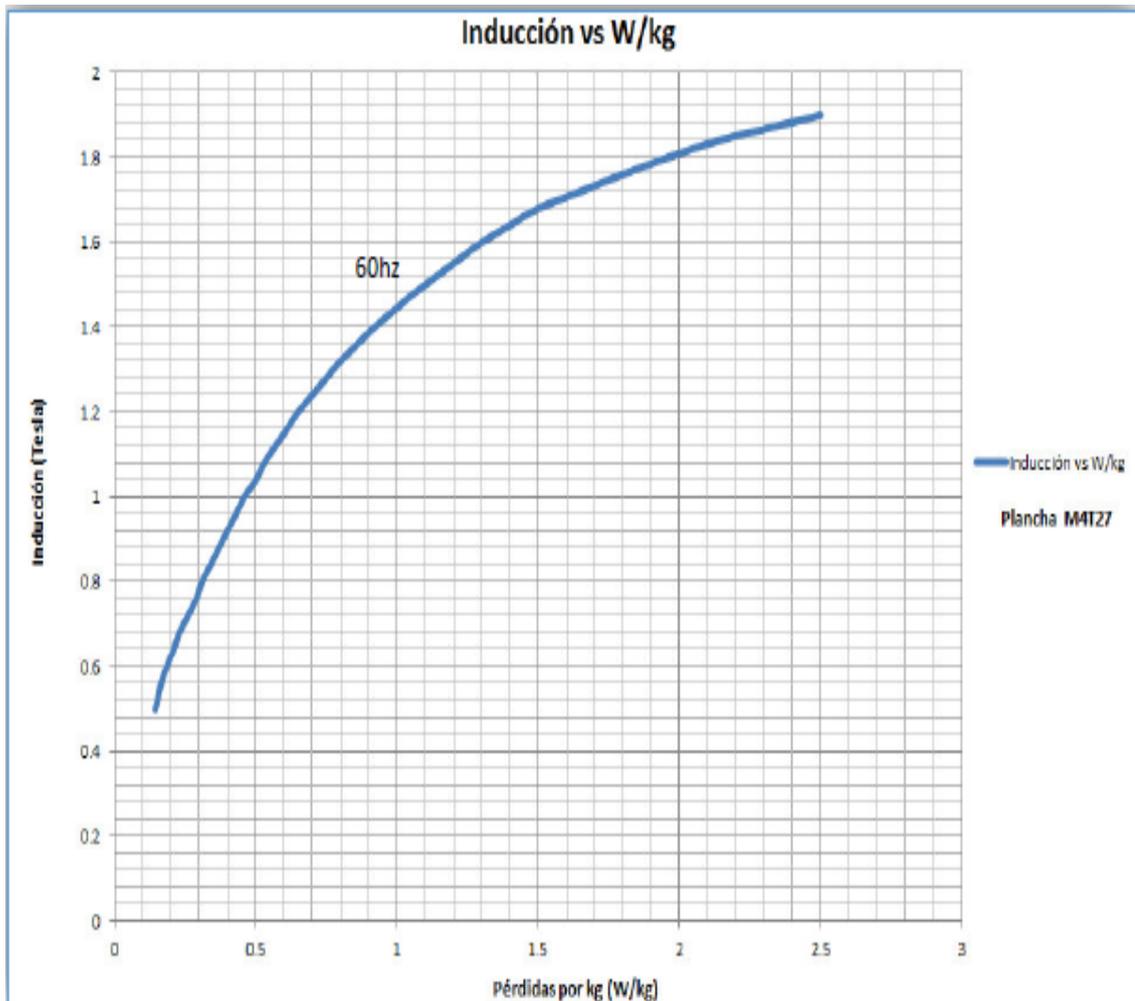


Figura 2.5 Curva de inducción vs W/kg (Méndez, 2009, p.146)

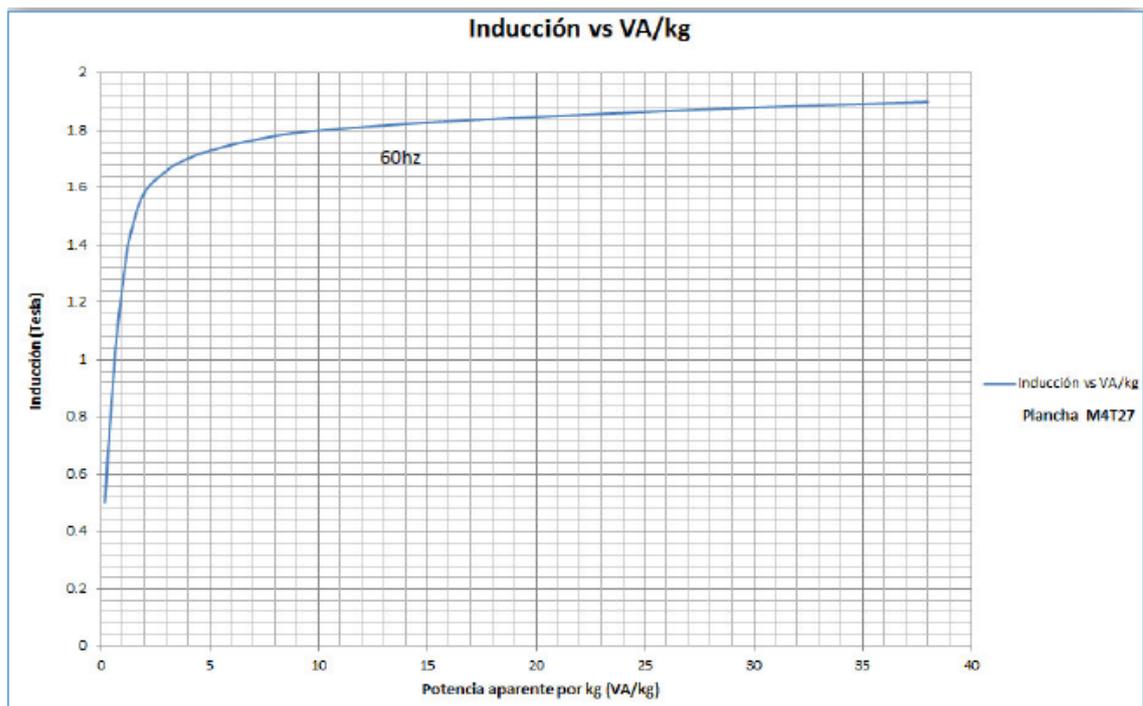


Figura 2.6 Curva de inducción vs VA/kg (Méndez, 2009, p.146)

PÉRDIDAS TOTALES EN EL COBRE (PCU).

$$P_{cu} \text{ (watts)} = P_{cuAT} + P_{cuBT} \quad (2.24)$$

Peso de la bobina de baja y media tensión (G_{cbt} , G_{cat}) en kg.

$$G_{cbt, at} = \rho N l_m S \quad (2.25)$$

Donde:

- ρ : es el peso específico del cobre
- N : es el número de espiras por fase
- l_m : longitud media de la bobina de baja tensión
- S : Sección de conductor.

Pérdidas en joule ($P_{joule BT, AT}$)

$$P_{joule BT, AT} = 2.45 * \delta^2 * G_{cbt, at} \quad (2.26)$$

Pérdidas adicionales BT, AT

$$\alpha_{\%} = 1.366 * 10^{-3} \frac{f^2 m * b^2}{60 h} a^4 n^2 - 0.2 \quad (2.27)$$

La pérdida total en el cobre en la bobina de baja tensión ($P_{Cu BT, AT}$) está por la ecuación

$$P_{Cu BT, AT} = P_{joule BT, AT} + \alpha\% \quad (2.28)$$

Cálculo de la reactancia de corto circuito porcentual

$$u_x = 8 * 10^{-4} f * \frac{N_s^2 I_s}{U_s H_{eq}} A_0 + \frac{A_p + A_s}{3} \% \quad (2.29)$$

CALCULO DE TEMPERATURAS EN LAS BOBINAS DE MEDIA Y BAJA TENSION.

Calculamos la carga térmica de la superficie vertical que tiene un factor de recubrimiento de 20% tanto la superficie interna y externa del devando de BT.

$$S_{BT.AT} = D_{int} + D_{ext} * \pi * 0.8 * altura\ cobre\ BT.AT \quad (2.30)$$

La sobre temperatura media en el conductor respecto a la superficie del devanado

$$\theta_m = \frac{i}{\lambda} \frac{P_c}{n} \frac{2n^2+1}{6n} \quad (2.31)$$

Las fórmulas de las ecuaciones 2.30 y 2.31 se usan para el cálculo de las temperaturas y sobre temperaturas de la bobina de media tensión (AT).

CALCULO DE LA CUBA Y ALETA RADIADORES.

Para transformadores en aceite con refrigeración natural para un límite de 65°C de sobreelevación del cobre medio sobre el ambiente, en función de la altitud sobre el nivel del mar, se corrige el límite de temperatura y la sobretensión media de cobre – aceite

El tanque se diseña de acuerdo al nivel de tensión del transformador en función de las distancias mínimas de aislamiento.

Aislamiento entre AT-Tanque					
U _{max.}	U _{aplic.}	aceite	papel o cartón	Esfuerzo eléctrico en el aceite	F.S.
kV	kV	distancia (mm)	distancia (mm)	kV/mm	
3.6	10	4	1	4.22	2
7.2	20	9	1	4.3	2
10	28	13	1	4.3	2
17.5	38	18	1	4.34	2
24	50	25	1	4.25	2
36	70	36	1	4.31	2

Tabla 2.5 Aislamiento entre devanados exteriores (Méndez, 2009, p.120)

2.2.2 PARTE ACTIVA

La parte activa de un transformador está formado por los circuitos eléctricos (los diferentes devanados) y el circuito magnético (el Núcleo).



Figura 2.7 Parte Activa (HS, 2015)

A. NÚCLEO

El núcleo es el encargado de proporcionar un camino de baja reluctancia para el flujo magnético que atraviesa los diferentes devanados del transformador. Hoy en día, en el caso de núcleos arrollados, su construcción es con finas láminas de hierro silicio (FeSi) de granos orientados arrollados. Este material trae como ventaja una disminución de las pérdidas por Foulcault debido a su reducido espesor y a que en el proceso de fabricación se crea una fina película de 0.001mm que aísla las chapas entre sí. El núcleo se fabrica con chapas de espesores comprendidos entre 0.18 a 0.35mm, la disposición de las mismas define el tipo de núcleo del que se trata. Existen dos grandes tipos constructivos: apilado y arrollado, En esta investigación desarrollaremos para núcleos apilados.

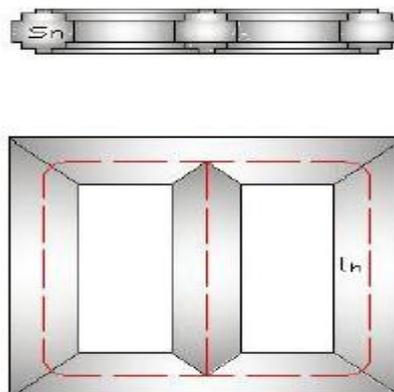


Figura 2.8: Núcleo apilado (Méndez, 2009, p.23)

En esta investigación se asumió para los núcleos tipo apilados de 3 columnas una tolerancia determinada en el largo del núcleo externo, de forma que la ubicación definitiva del núcleo completo no se encuentra definida hasta que se realiza el montaje del mismo, además de estas tolerancias se considera los factores de construcción para poder determinar las pérdidas y corriente de vacío de forma más exacta (Heathcote, 2007, p.17)

Otro aspecto a tener en cuenta son los puntos donde se unen las chapas al cerrarse, dado que en estos puntos se generan pequeños entrehierros que generan pérdidas y aumento de la corriente magnetizante al dispersarse el flujo magnético. Para solucionar este problema las uniones entre los extremos de las chapas se deben de producir en distintos puntos en forma de escalera (Areva, 2008, p.17)

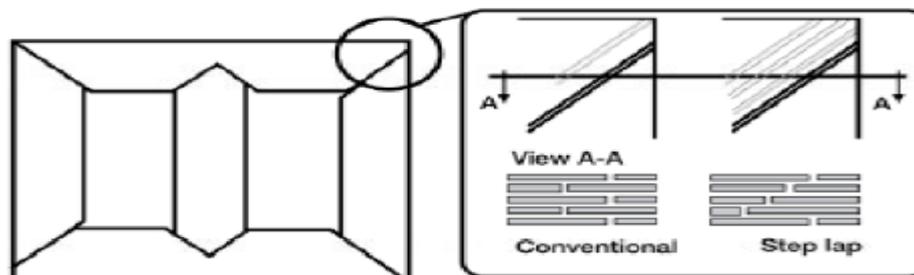


Figura 2.9: Flujo magnético en las uniones de las chapas (Yebenes, 2009, p.13).

B. BOBINA O DEVANADO

Las bobinas forman el circuito eléctrico del transformador y las que definen la configuración del mismo en base a cómo se las conecte entre sí para formar los bobinados en los distintos niveles de tensión.

El material de los conductores de las bobinas puede ser de cobre o aluminio, y los conductores pueden ser de sección circular, rectangular o de tipo folio. Se le debe prestar especial atención al material empleado dado que sus propiedades influyen fuertemente en el desempeño de la máquina. La figura 2.7 muestra estas geometrías teniendo como imagen el circular, rectangular y el de folio

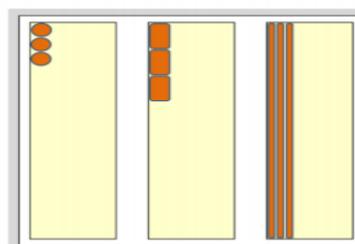


Figura 2.10: Geometría de los conductores (Coll, Portillo y Rosas, 2015, p.19).

Las propiedades químicas como la composición y la pureza junto con las eléctricas como la resistividad, son necesarias para poder determinar las pérdidas en carga del transformador y la componente resistiva de la impedancia de corto circuito.

Las propiedades mecánicas y físicas como la densidad, las curvas de stress, la elasticidad y el coeficiente de poisson son necesarios para determinar el peso, la resistencia mecánica y su capacidad de resistir cortocircuitos, entre otros.

Los aspectos térmicos como la conductividad, el coeficiente de expansión térmica y la capacidad térmica se utilizan para el ajuste de la resistencia de los bobinados, para calcular las transmisiones de calor que se generan en todo el transformador.

C. ESTRUCTURA DEL BOBINADO

Un bobinado no es simplemente un conductor arrollado alrededor de una las columnas del núcleo. El mismo se puede componer por más de una bobina y éstas a su vez por diferentes partes. Además se debe considerar las salidas a los aisladores pasantes, las conexiones al conmutador.

La opción para implementar es considerar la descomposición de un bobinado como un conjunto de bobinas, las cuales son formadas por un conjunto de galletas. Las galletas sí son formadas por un conductor enrollado alrededor de una columna. La figura muestra la descomposición de la bobina.

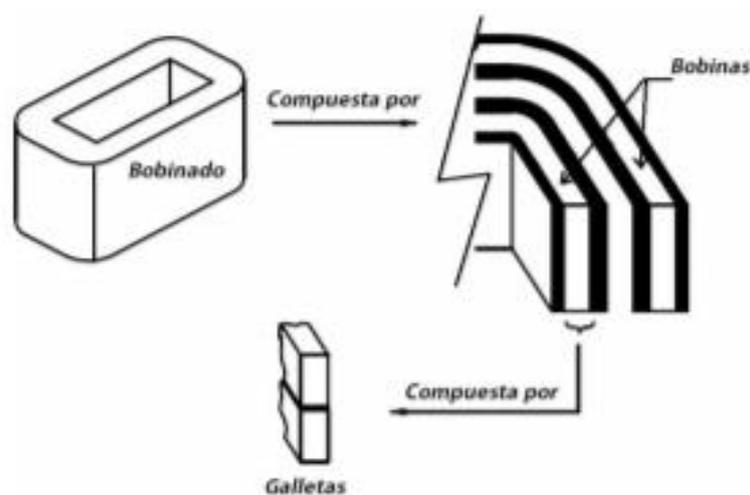


Figura 2.11: Composición de un bobinado (Coll, Portillo y Rosas, 2015, p.19).

La composición del conductor puede ser conformado por hilos redondos, rectangulares o de folio, donde pueden existir gran cantidad de conductores en paralelo con diferentes secciones cada uno de ellos. Y a su vez estos hilos pueden tener aislación propia de esmalte o papel.

La figura 2.9 muestra la representación más general que se puede utilizar. Se puede distinguir hasta cuatro distintos tipos de alambres que forman una espira de la bobina (11, 12, 21, 22).



Figura 2.9: Arreglo de conductores en paralelo (Coll, Portillo y Rosas, 2015, p.20).

El conductor 12 posee la misma dimensión axial que el 11 y una dimensión radial igual al 22, el conductor 21 presenta una dimensión radial igual al 11 y una axial a la del conductor 22.

Los valores NPR1, NPR2, NPA1 y NPA2 representan la cantidad de conductores paralelos que tienen. En casos donde se tiene más de un alambre en paralelo e dirección radial, por la forma en la que son enrollados, se generan impedancias inductivas distintas. Estas a su vez generan corrientes de circulación y por lo tanto pérdidas adicionales, para solucionar esto se utilizan las transposiciones, las cuales cambian de lugar los diferentes hilos de forma que todos tengan la misma impedancia (Abb, 2004, p.20).

D. TIPOS DE GALLETAS

La forma en que se arrollan los conductores y el tipo de conductor, generan diferentes tipos de galletas. Los modelos que se utilizan en transformadores de distribución son los tipos de capas y las de folio, en la figura 2.10 se los representan.

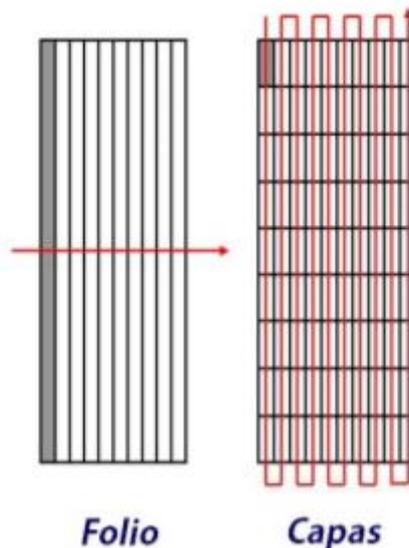


Figura 2.10: Representación de galletas en folio y capas (Coll, Portillo y Rosas, 2015, p.21).

Las galletas y capas pueden tener forma cilíndrica, rectangular u oval, las cuales se logran enrollando en diferentes capas verticales con un único conductor. De forma que no se produzcan cortocircuitos, los diferentes hilos y conductores están aislados. En este caso, las espiras en una misma capa se encuentran separadas únicamente por el aislamiento propio del conductor. Mientras que entre capas existe un aislamiento adicional denominado aislamiento entre capas, el cual es de un tipo de papel especial.

Las galletas de tipo folio son un caso particular de las de tipo capas, donde únicamente se tiene una vuelta por capa y el conductor utilizado es de folio. Este conductor tiene la particularidad que su dimensión axial define la altura de la bobina. Este tipo de galletas de folio son utilizados principalmente en la bobina de baja tensión dado que es donde existe mayor corriente, y tienen la ventaja de que su arrollamiento es fácil y rápido, y mecánicamente frente a un cortocircuito, las fuerzas axiales prácticamente desaparecen.

E. DERIVACIONES

En general los transformadores tienen diferentes derivaciones para poder variar la relación de transformación. En los de alta tensión utilizados por las empresas eléctricas, se utilizan

conmutadores operables en vacío. La cantidad de estas derivaciones es un requerimiento del cliente y se debe tener en cuenta al momento del diseño. El rango más empleado en la industria es el de $\pm 2 \times 2.5\%$.

F. TIPO DE BOBINADOS

Los tipos de bobinados son el simple, el bitensión de potencia plena, el bitensión de potencia reducida y conexión zig-zag. En la figura 2.11 se puede ver una comparación entre los tipos de bobinados.

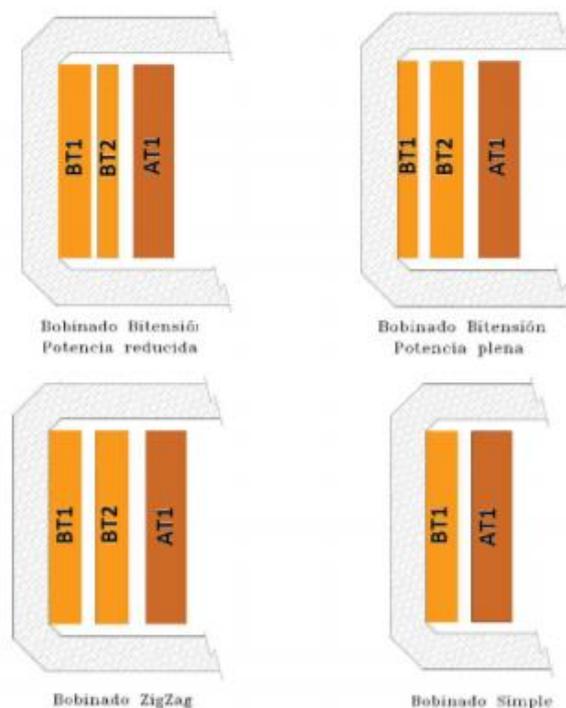


Figura 2.11: Tipos de bobinados (Coll, Portillo y Rosas, 2015, p.22).

La diferencia entre los tipos de bobinados radica en el que el bitensión sirve para cuando se desea tener en uno de los lados del transformador dos opciones de salida, por ejemplo 230 o 400 voltios. Para esto el bobinado se compone de dos bobinas conectadas en serie de forma que cuando se requiere una salida de 230 voltios se toma la bobina BT1 de la figura xx y para 400 voltios BT1+BT2.

Dentro de la opción bitensión, se tiene a potencia plena o a potencia reducida. El primer caso significa que en las dos configuraciones se puede extraer la potencia nominal del transformador, mientras que en la segunda la nominal solo se la tendría con ambas bobinas en serie. Esta diferencia influye en el conductor de la bobina BT1 dado que con potencia plena por ésta

circularía una corriente mayor y por lo tanto se debe construir con un conductor de mayor sección que en el caso de potencia reducida. Mientras que el bobinado simple se compone de una sola galleta con una sola tensión de trabajo asignada.

AISLAMIENTO

La confiabilidad de un transformador y su operación con éxito a largo plazo depende principalmente de la calidad del sistema de aislamiento. Por lo tanto se debe tener un buen criterio para el diseño del sistema aislante y garantizar que los materiales empleados sean de alta calidad.

El diseño del aislamiento de un transformador tiene como objetivo resistir las tensiones de funcionamiento normal y la aprobación de las diferentes pruebas especificadas en las normas, las cuales tratan de representar las condiciones a las que puede estar expuesto un transformador en servicio.

Hay que tener presente que un sobredimensionamiento de este sistema llevará a un transformador de mayor tamaño y por lo tanto mayores pérdidas y un incremento del costo de fabricación. El volumen del dimensionado dieléctrico solo puede ser reducido si se entiende el funcionamiento de los diferentes tipos de aislantes:

- a) **AISLAMIENTO LÍQUIDO:** Como el aceite mineral o vegetal, se encarga de asegurar la rigidez dieléctrica básica al rellenar e impregnar todo el volumen del transformador.
- b) **AISLAMIENTO SÓLIDO:** Como el papel presspan o el papel diamantado, forma un sistema de barreras que dividen los distintos niveles de tensión que se generan en el transformador. La mayor rigidez dieléctrica se logra con las barreras de aislamiento perpendiculares a las líneas del campo eléctrico. Por lo tanto “la performance de todo el sistema dieléctrico es determinado por el diseño y optimización de la geometría del sistema de barreras aislantes” (Dahinden, 1998, p.23)

2.2.3 PARTE MECÁNICA

Se denomina “parte mecánica” a todo lo que no pertenece a la parte activa ni forma parte de la aislación del transformador. Los elementos más importantes de la parte mecánica son: el tanque, los sistemas de refrigeración y expansión.

El tanque está conformado por chapas lisas de acero laminado en frío y con bajo contenido de carbono, Soldados entre sí con refuerzos que admiten presión y vacío de 0.65kg/cm². Las

soldaduras utilizadas en las uniones de los tanques presentan excelente comportamiento mecánico a la tracción e impacto y elasticidad y dureza garantizan la resistencia a altas presiones. Cuando la superficie de radiación del tanque no es suficiente para disipar las pérdidas de energía generada en el transformador, se disponen en las caras laterales intercambiadores de calor consistente en radiadores planos del tipo oblea fabricados en lámina cold roled de 0.8mm (Peña,2003, p.28).



Figura 2.12: Parte mecánica (HS, 2015).

La cuba o tanque es el principal contenedor de aceite y la protección de las partes activas del transformador, también sirve de estructura para el soporte de accesorios y equipos de control. El tanque se diseña para soportar y permitir la expansión del aceite con el aumento de temperatura, esta expansión se realiza en el conservador, expulsando el gas sobrante que resulta de un

calentamiento excesivo del aceite provocado por una sobrecarga en el transformador (Yébenes, 2009, pp.21-22).

El tanque del transformador debe ser diseñado para soportar todas las fatigas como el transporte, izaje, tracción, además de soportar las características del ambiente en donde se lo vaya a instalar.

A. DISTANCIAS MÍNIMAS

Dado que dentro del tanque del transformador hay diferentes elementos a diferentes tensiones y a su vez la envolvente metálica junto al núcleo está conectado a tierra, se deben mantenerse distancias mínimas entre todos los elementos con distinto potencial, las distancias mínimas a considerar son:

- Cabecera inferior de la bobina de baja tensión (d_3).
- Cabecera inferior de la bobina de alta tensión (d_4).
- Diferencia entre las cabeceras superiores e inferiores.
- Cabecera superior para las primeras tres capas de la bobina de alta tensión.
- Entre las fases (e_3).
- Entre las bobinas al tanque.
- Entre el núcleo y la tapa.
- Entre el núcleo y el fondo.
- La distancia radial entre las bobinas de alta y las de baja (e_{12}).
- Cabecera común superior e inferior (d_1 y d_2).

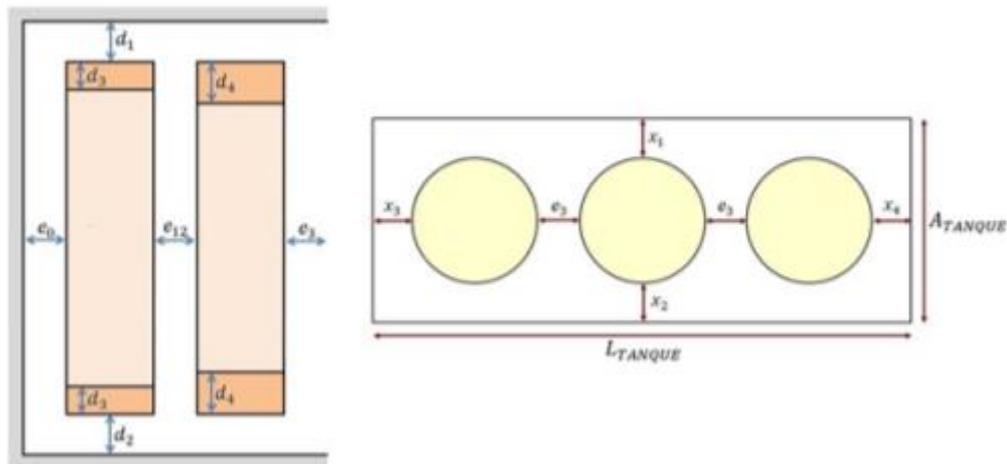


Figura 2.13: Diagrama de distancias mínimas (Coll, Portillo y Rosas, 2015, p.28).

En la figura 2.13 ilustra todas las distancias mínimas, estas distancias se determinan en función de la clase de aislamiento de los bobinados del transformador. Por lo tanto quedan definidas a

partir de la tensión de impulso y la tensión aplicada.

2.2.4 PARTE TÉRMICA

Las temperaturas máximas admisibles de los materiales aislantes son las que limitan las condiciones de funcionamiento de las máquinas eléctricas y los transformadores no son la excepción. Si se superan estas temperaturas, ya sea la del núcleo, la de las bobinas, la de los fluidos aislantes, entre otras, los materiales aislantes se deterioran prematuramente comprometiendo la vida útil de la máquina.

En los transformadores se generan aumentos de temperatura principalmente por las pérdidas originadas por la circulación de las corrientes en las bobinas, pero también se deben considerar las pérdidas en el núcleo y las pérdidas en los elementos estructurales como consecuencia del campo magnético de dispersión generado por la corriente que circula en las bobinas.

Según Kulkarni (2004). Existen tres tipos de transferencia de calor entre los distintos elementos de la máquina:

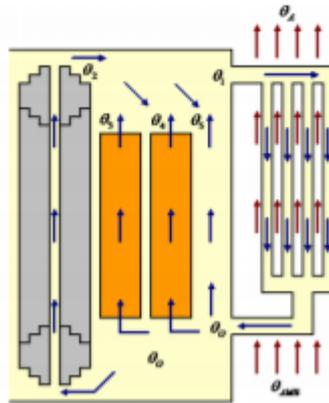


Figura 2.14: Efecto termosifón en un transformador (Coll, Portillo y Rosas, 2015, p.25).

- a) **LA CONDUCCION:** Es la transferencia de calor en el interior de un material sólido. En los transformadores ésta transferencia se da en las chapas del núcleo, en los conductores, en el papel aislante y en las paredes de los radiadores y tanque. Es por este proceso por el cual comienza toda la transferencia de calor partiendo de las bobinas y el núcleo hasta los puntos de contacto con el aceite o el aire, de acuerdo a ley Fourier.

$$dq = -\lambda \frac{d\theta}{dx} dA \quad (2.31)$$

- b) **LA COMVECCIÓN:** Es la transferencia de calor entre una pared y un fluido y depende de la velocidad de circulación del fluido. Esta a su vez está vinculada con la viscosidad que depende de la temperatura. Esta transferencia de calor sucede entre las superficies del núcleo, las bobinas, el tanque y los radiadores en contacto con el fluido refrigerante (aceite o medio ambiente). Es por medio de este proceso que se realiza la mayor transferencia de calor, razón por la cual las bobinas presentan ductos internos para su enfriamiento, ya que únicamente por conducción la bobina no puede transferir el calor necesario para que su temperatura no sea muy elevada. La figura 2.14 muestra el proceso de circulación del aceite en las flechas azules para un transformador con radiador. Las flechas rojas muestran la circulación del aire del ambiente.

Existen dos tipos de convección, la natural y la forzada. En la convección natural el fluido circula por variación de densidad con la temperatura sin ninguna ayuda externa (efecto termosifón). En la convección forzada se utilizan ventiladores en caso de gases o bombas en el caso de líquidos para favorecer la circulación del fluido y aumentar la transferencia de calor por convección.

- c) **RADIACIÓN:** Es la transferencia de calor que se realiza entre dos superficies a distintas temperaturas, la cual en los transformadores se da entre las superficies externas del tanque, los radiadores y el ambiente está dada por la ecuación 2.32.

$$W_i = k_i \frac{\theta_1^4}{100} - \frac{\theta_2^4}{100} A_i \quad (2.32)$$

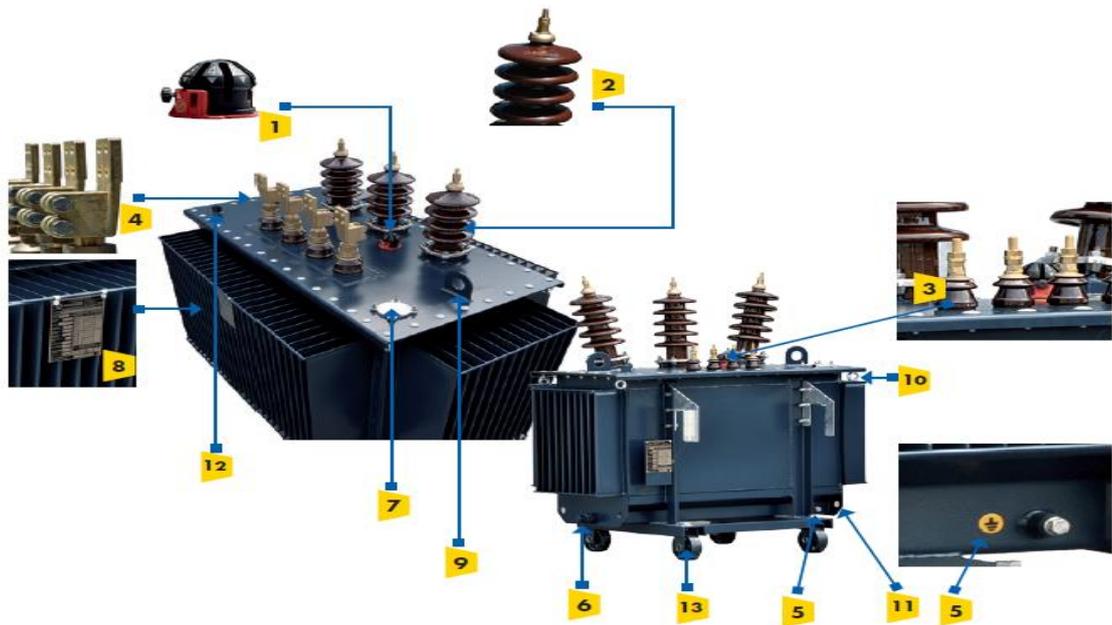
2.2.5 ACCESORIOS DEL TRANSFORMADOR

Como complemento, un transformador en aceite debe llevar nivel de indicador, respirador de silicagel, grifo de vaciado en la parte inferior, válvula de sobrepresión, termómetros, ruedas orientables y relé buchholz entre la cuba y el conservador (Corrales, 1969, pp.474-475).

Un transformador debe estar compuesto de los siguientes accesorios (Méndez, 2014, pp.82-87):

- a. Conmutador con relación en vacío con margen de regulación de +- 5%.
- b. Aisladores diseñados para soportar solicitaciones mecánicas y eléctricas, de acuerdo a los niveles de tensión y potencia de los transformadores eléctricos.
- c. Deshumecedor transparente con tubos huecos cilíndricos con contenido de sílice con indicador de color.
- d. Relé Buchholz para la protección contra sobrecarga.

- e. Válvula de seguridad fijado a un valor de sobrepresión precisa.
- f. Indicador de nivel de aceite de tipo analógico con dos mecanismos, primero para un sistema de monitoreo y segundo sistema de indicación.
- g. Termómetro con contacto para el control de temperatura.



Aceite mineral aislante no inhibido

1. Conmutador de regulación (maniobrable sin tensión)

Conmutador de cambio de tensión sobre tapa para los transformadores de doble tensión primaria (maniobrable sin tensión)

2. Pasatapas MT de porcelana

3. Pasatapas BT de porcelana

4. Terminales planos de conexión BT

5. 2 Terminales de tierra en la cuba

6. Dispositivo de vaciado y toma de muestras.

7. Dispositivo de llenado

8. Placa de características

9. 2 Cáncamos de elevación

10. 4 Cáncamos de arriostamiento

11. 4 Dispositivos de arrastre

12. Dispositivo para alojamiento de termómetro

13. Ruedas

Figura 2.15: Accesorios de transformador (Ormazabal, 2013, p.10).

2.2.6. EFICIENCIA

La eficiencia de un transformador es la razón de potencia útil de salida (cedida a la carga) a la potencia de entrada (absorbida) por el primario. La eficiencia varía con las condiciones de la carga del transformador y por tanto para poder comparar diferentes transformadores es necesario definir una eficiencia convencional basado en las pérdidas en el hierro a tensión nominal baja carga, pérdidas en el cobre de la prueba en corto circuito corregido para una temperatura de 75 °C que es la temperatura promedio de funcionamiento de los transformadores a plena carga (Méndez, 2014, pp.42-43).

Los transformadores generalmente tienen una alta eficiencia en relación con la potencia nominal. Sus pérdidas por disipación de calor por efecto Joule en los devanados y la pérdida magnética varían de acuerdo al trabajo, si funcionan en vacío, con carga o en sobre carga, dependiendo al trabajo puede ser que la eficiencia sea máxima o no (Geromel, 2003)

2.2.7. PÉRDIDA DEL TRANSFORMADOR

Toda energía absorbida por el transformador que no se transforma en energía útil se considera energía perdida. Las pérdidas relevantes son las de vacío y en carga. Las pérdidas en vacío se componen de las pérdidas en el núcleo de hierro, que se descomponen en dos pérdidas, el primero son las pérdidas por corrientes parásitas de Foucault y la segunda son por pérdidas por histéresis magnética (Georgilakis, 1998).

Estas pérdidas están relacionadas con el tipo de material como espesor de la plancha de hierro, frecuencia de la red, la inducción máxima de las láminas de hierro. Actualmente los estudios de materiales han contribuido al desarrollo de nuevas aleaciones de hierro-silicio que implican nuevas formas de desarrollar el diseño del transformador (Kefalas, 2008).

2.2.8 PROCESO ÁGIL DE PROGRAMACIÓN EXTREMA

La programación extrema (XP) es una metodología de desarrollo ligera (o ágil) basada en una serie de valores y de prácticas de buenas maneras que persigue el objetivo de aumentar la productividad a la hora de desarrollar programas. Este modelo de programación se basa en una serie de metodologías de desarrollo de software en la que se da prioridad a los trabajos que dan un resultado directo y que reducen la burocracia que hay alrededor de la programación. Los autores de XP han seleccionado aquellos que han considerado mejores y han profundizado en sus relaciones y en cómo se refuerzan los unos con los otros. El resultado de esta selección ha sido esta metodología única y compacta. El objetivo que se perseguía en el momento de crear esta

metodología era la búsqueda de un método que hiciera que los desarrollos fueran más sencillos. Aplicando el sentido común. (Aguilar, 2002)

Berrueta (2006) afirma que la programación extrema es una metodología para el desarrollo de proyectos informáticos que trata de dar solución a los problemas de la ingeniería del software desde un enfoque completamente distinto al que ha venido siendo habitual. Los estudios demuestran que la mayoría de proyectos de software fracasan, porque exceden sus plazos, superan su presupuesto, no se ajustan a las auténticas necesidades del cliente, presentan una calidad deficiente o, en muchos casos, son abortados. Como respuesta, ha surgido una nueva familia de metodologías denominadas ágiles, cuyo rasgo principal consiste en contemplar y dar respuesta a las necesidades dinámicas del cliente. De entre las metodologías ágiles, la que goza de mayor popularidad es la programación extrema, propuesta en 1999 por Kent Beck, en un libro titulado precisamente “abrazo el cambio”. La programación extrema recibe este calificativo precisamente porque defiende un enfoque radical y reconoce las bondades de las prácticas de las metodologías tradicionales (diseño, pruebas, revisiones de código, etc.).

Carrillo, Pérez y Rodríguez (2008) mencionan que los roles de la Programación Extrema (XP), son los siguientes; a) Programador: El programador escribe las pruebas unitarias y produce el código del sistema, b) Cliente: Escribe las historias de los usuarios y las pruebas funcionales para validar su implementación, el cliente da una gran prioridad a las historias de usuarios y decide cual implementar en cada iteración centrándose en aportar mayor valor al negocio, c) Encargado de Pruebas (Tester): Ayuda al cliente a escribir las pruebas funcionales y se encarga de ejecutar las pruebas con regularidad, difunde los resultados obtenidos al equipo y es el responsable de las herramientas que dan soporte a las pruebas, d) Encargado de Seguimiento (Tracker): Es el que proporciona la realimentación al equipo, realiza el seguimiento del proceso de cada iteración y verifica el grado de acierto entre las estimaciones realizadas y el tiempo real dedicado en ello para la mejora de futuras estimaciones, e) Entrenador (Coach): Es el responsable del proceso global, se encarga de proveer guías al equipo de forma que se apliquen las practicas XP y se vaya siguiendo el proceso correctamente, f) Consultor: Es un miembro externo del equipo con un conocimiento específico en algún tema que es necesario para el proyecto, en el que surjan problemas, g) Gestor (Big boss): Es el vínculo entre clientes y programadores, ayuda a que el equipo trabaje efectivamente creando las condiciones adecuadas. Su labor esencial es la de coordinación.

Erljman y Goyén (2001) describen las 12 prácticas fundamentales de la metodología XP, las cuales se detallan a continuación:

- a. El Juego de la Planificación es la práctica que define la forma general de trabajar, está compuesta por la Planificación del “Release” y por la Planificación de la Iteración. En la Planificación del “Release” se define qué es lo que se pretende tener como producto en un período de 4 o 6 meses y el cliente define una gran cantidad de requerimientos, llamadas Historias, que son los que le dan mayor valor al negocio y que deben ser implementados dentro de ese período. Una vez definido el conjunto de Historias, éstas son analizadas y estimadas por el grupo de programadores para que finalmente el cliente las ordene en función de su valor. Cuando se tienen ordenadas las Historias, se procede a elegir aquellas cuya suma del tiempo de desarrollo no supere el período del “release”.

- b. En la Planificación de la Iteración, se definen las actividades para las siguientes 3 o 4 semanas, teniendo en cuenta la capacidad productiva del grupo de desarrollo para la iteración, denominada velocidad, el cliente elige el conjunto de Historias de mayor valor para que sean implementadas en la iteración planeada. A continuación, los programadores dividen las Historias en tareas más pequeñas, denominadas Tareas de Ingeniería, luego cada programador elige las tareas que desea implementar, las analiza en mayor detalle y realiza una estimación de su tiempo de desarrollo. Finalmente, el cliente ordena en función de sus necesidades las Historias estimadas, dejando para iteraciones posteriores aquellas que sobrepasen la capacidad productiva de la iteración.

El Juego de la Planificación del “Release” y de la Iteración se puede resumir en la siguiente figura:



Figura N° 2.16: Juego de Planificación (Erljman y Goyén, 2001)

- c. Además de la mecánica del proceso explicada anteriormente, es importante hacer notar el aprendizaje que tienen los programadores en la realización de estimaciones al tener que repetirlas en períodos cortos de tiempo. También es importante resaltar el aprendizaje que tiene el cliente en la definición de las Historias, para que sean más claras para los programadores.

- d. Las entregas frecuentes, permiten que el sistema empiece con algo simple y se ponga en producción rápidamente, para luego evolucionar a través de actualizaciones e incorporación de funcionalidad frecuente. Estas actualizaciones son realizadas en base a las prioridades establecidas por el cliente durante la Planificación de la Iteración. Las entregas frecuentes se dividen en períodos denominados iteraciones, se recomienda que las iteraciones sean cortas y que no duren más de 3 o 4 semanas.
- e. La metáfora, es una descripción general del sistema, que se establece al comenzar el proyecto, que fortifica la integridad conceptual, ayuda a guiar el proceso de desarrollo y mantiene una visión unificada entre los actores. La Metáfora determina un estándar en el vocabulario que será utilizado por los programadores y el cliente, que luego ayudará a establecer las clases y métodos del sistema.
- f. Los diseños simples, hacen que los sistemas desarrollados con XP sean creados de la manera más sencilla, pero cumpliendo con la funcionalidad que el cliente especificó en el Juego de la Planificación. XP le resta importancia a las necesidades desconocidas y especulativas del futuro y sólo atiende las necesidades actuales del cliente. Cabe aclarar que esto no quiere decir que los diseños sean de baja calidad, sino que se empieza por lo más sencillo que funcione y luego se transforma en algo más complejo si el diseño demuestra insuficiencias. La complejidad innecesaria debe ser eliminada ni bien se descubra.
- g. El Testing Continuo, exige que los equipos XP validen el funcionamiento del software en todo momento. XP define dos tipos de test. Por un lado, los programadores diseñan y ejecutan los Test de Unidad previo a la implementación, mientras que el cliente diseña y ejecuta los Test de Aceptación. Los Test de Aceptación le permiten al cliente asegurarse que se ha desarrollado la funcionalidad negociada durante el Juego de la Planificación. Cada funcionalidad del sistema (Historia) debe tener por lo menos un Test de Aceptación asociado.
- h. El refactoring, se define como “el proceso de alterar un sistema computacional de tal forma de mejorar su estructura interna sin alterar el comportamiento externo”. La incorporación de esta práctica, permite que los diseños del sistema se vayan perfeccionando continuamente durante todo el proceso de desarrollo, sin atarse a un diseño preliminar rígido como en el caso de las metodologías tradicionales. A diferencia de otras metodologías, XP acepta que en realidad lo único constante es el cambio y se adapta a coexistir junto a él. Aplicando esta práctica de forma continua, XP apunta a que el software se pueda mejorar y modificar con facilidad.

- i. La programación en pareja, exige que toda la programación y los test se realicen de a dos programadores por computadora. Hay experimentos, que demuestran que la programación en pareja produce mejor software a un costo igual o menor que la programación individual.
- j. La propiedad colectiva del código, hace que ninguna porción del código tenga programadores “dueños”. Esto aumenta la velocidad de desarrollo ya que cuando se necesita algún cambio, cualquier programador lo puede hacer sin depender de los otros.
- k. La integración continua, indica que los equipos XP deben integrar el software construido diariamente. Esto minimiza el riesgo de enfrentar severos problemas de integración, vistos en proyectos que no integran con frecuencia.
- l. Para mantener al equipo saludable, descansado y aumentar la productividad y la efectividad, XP propone Semanas de 40 Horas de Trabajo.
- m. La presencia del cliente On-Site permite que el proyecto sea guiado por un individuo dedicado, con el poder de decisión necesario para determinar los requerimientos y las prioridades de entrega. El efecto de la presencia continua en el lugar de desarrollo, hace que la comunicación sea fluida, con menos necesidades de documentación por escrito y permite resolver rápidamente las dudas y decisiones que puedan aparecer.
- n. Para que un equipo pueda trabajar de forma efectiva y pueda compartir el código de forma colectiva, los programadores deben ponerse de acuerdo en establecer un estilo en común mediante una serie de reglas que permitan estandarizar el estilo de programación. Esto incluye la estandarización de nomenclaturas de variables, formato común para comentarios dentro del código, etc.

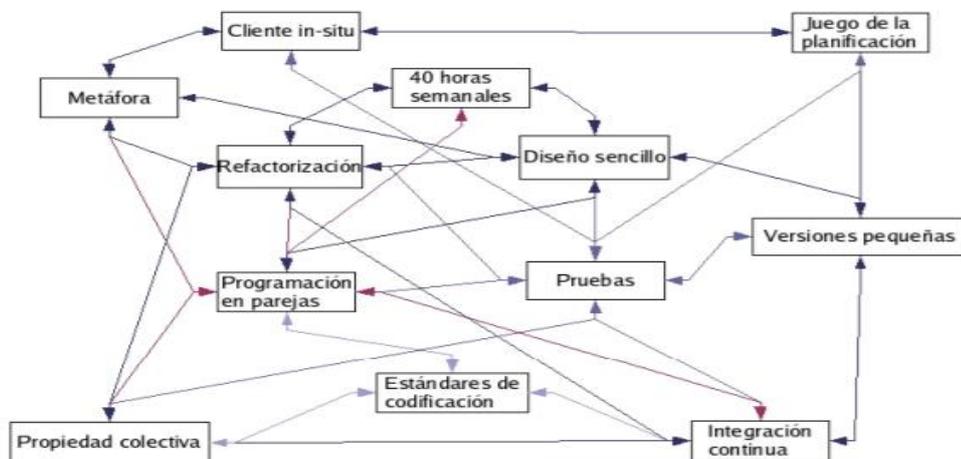


Figura N° 2.17: Refuerzo de las Prácticas de XP (Letelier y Penadés, 2006)

Las actividades de XP, se describen a continuación. a) Codificar, es necesario codificar y plasmar nuestras ideas a través del código. b) Hacer pruebas, las características del software que no pueden ser demostradas mediante pruebas simplemente no existen. Las pruebas dan la oportunidad de saber si lo implementado es lo que en realidad se tenía en mente. c) Escuchar, “los programadores no lo conocemos todo, y sobre todo muchas cosas que las personas de negocios piensan que son interesantes. Si ellos pudieran programarse su propio software ¿para qué nos querían?”. Si vamos a hacer pruebas tenemos que preguntar si lo obtenido es lo deseado, y tenemos que preguntar a quién necesita la información. Tenemos que escuchar a nuestros clientes cuáles son los problemas de su negocio, debemos de tener una escucha activa explicando lo que es fácil y difícil de obtener, y la realimentación entre ambos nos ayudan a todos a entender los problemas. d) Diseñar, el diseño crea una estructura que organiza la lógica del sistema, un buen diseño permite que el sistema crezca con cambios en un solo lugar. Los diseños deben de ser sencillos, si alguna parte del sistema es de desarrollo complejo, lo apropiado es dividirla en varias. Si hay fallos en el diseño o malos diseños, estos deben de ser corregidos cuanto antes. Resumiendo, las actividades de XP: Tenemos que codificar porque sin código no hay programas, tenemos que hacer pruebas porque sin pruebas no sabemos si hemos acabado de codificar, tenemos que escuchar, porque si no escuchamos no sabemos que codificar ni probar, y tenemos que diseñar para poder codificar, probar y escuchar indefinidamente.

Historias de Usuario

Representan una breve descripción del comportamiento del sistema, emplea terminología del cliente sin lenguaje técnico, se realiza una por cada característica principal del sistema, se emplean para hacer estimaciones de tiempo y para el plan de lanzamientos, reemplazan un gran documento de requisitos y presiden la creación de las pruebas de aceptación.

HISTORIAS DE USUARIO	
Número	Nombre de Historia de Usuario
Modificación (o Extensión) de Historia de Usuario (Nº y Nombre):	
Usuario:	Iteración Asignada:
Prioridad en Negocios: (Alta/Media/Baja)	Puntos Estimados:
Riesgo en Desarrollo: (Alta/Media/Baja)	Puntos Reales:
Descripción:	
Observaciones:	

Tabla N° 2.4. Modelo propuesto para una historia de usuario (Anaya, s.f.)

Estas deben proporcionar sólo el detalle suficiente como para poder hacer razonable la estimación de cuánto tiempo requiere la implementación de la historia, difiere de los casos de uso porque son escritos por el cliente, no por los programadores, empleando terminología del cliente. “Las historias de usuario son más “amigables” que los casos de uso formales”. Las Historias de Usuario tienen tres aspectos: a) Tarjeta: en ella se almacena suficiente información para identificar y detallar la historia. b) Conversación: cliente y programadores discuten la historia para ampliar los detalles (verbalmente cuando sea posible, pero documentada cuando se requiera confirmación) c) Pruebas de Aceptación: permite confirmar que la historia ha sido implementada correctamente.

CASOS DE PRUEBAS DE ACEPTACIÓN	
Código:	Historia de Usuario (N° y Nombre):
Nombre:	
Descripción:	
Condiciones de Ejecución:	
Entrada/Pasos de Ejecución:	
Resultado Esperado:	
Evaluación de la Prueba:	

Tabla N° 2.5. Modelo propuesto para una prueba de aceptación (Anaya, s.f.)

TAREA DE INGENIERÍA	
Número de Tarea:	Historia de Usuario (N° y Nombre):
Nombre de la Tarea:	
Tipo de Tarea: Desarrollo/Corrección/Mejora/ Otra (Especificar)	Puntos Estimados:
Fecha de Inicio:	Fecha Fin:
Programador Responsable:	
Descripción:	

Tabla N° 2.6. Modelo propuesto para una tarea de ingeniería (Anaya, s.f.)

Tarjeta Clase - Responsabilidad - Colaborador

Tarjetas CRC (Clase - Responsabilidad – Colaborador). Estas tarjetas se dividen en tres secciones que contienen la información del nombre de la clase, sus responsabilidades y sus colaboradores.

En la siguiente figura se muestra cómo se distribuye esta información.

Nombre de la clase.	
Responsabilidades	Colaboradores

Tabla N°.2.7. Modelo de tarjeta CRC (Anaya, s.f.)

Una clase es cualquier persona, cosa, evento, concepto, pantalla o reporte. Las responsabilidades de una clase son las cosas que conoce y las que realizan, sus atributos y métodos. Los colaboradores de una clase son las demás clases con las que trabaja en conjunto para llevar a cabo sus responsabilidades. En la práctica conviene tener pequeñas tarjetas de cartón, que se llenarán y que son mostradas al cliente, de manera que se pueda llegar a un acuerdo sobre la validez de las abstracciones propuestas. Los pasos a seguir para llenar las tarjetas son los siguientes: a) Encontrar clases, b) Encontrar responsabilidades, c) Definir colaboradores, d) Disponer las tarjetas. Para encontrar las clases debemos pensar qué cosas interactúan con el sistema (en nuestro caso el usuario), y qué cosas son parte del sistema, así como las pantallas útiles a la aplicación (un despliegue de datos, una entrada de parámetros y una pantalla general, entre otros). Una vez que las clases principales han sido encontradas se procede a buscar los atributos y las responsabilidades, para esto se puede formular la pregunta ¿Qué sabe la clase? y ¿Qué hace la clase? Finalmente se buscan los colaboradores dentro de la lista de clases que se tenga.

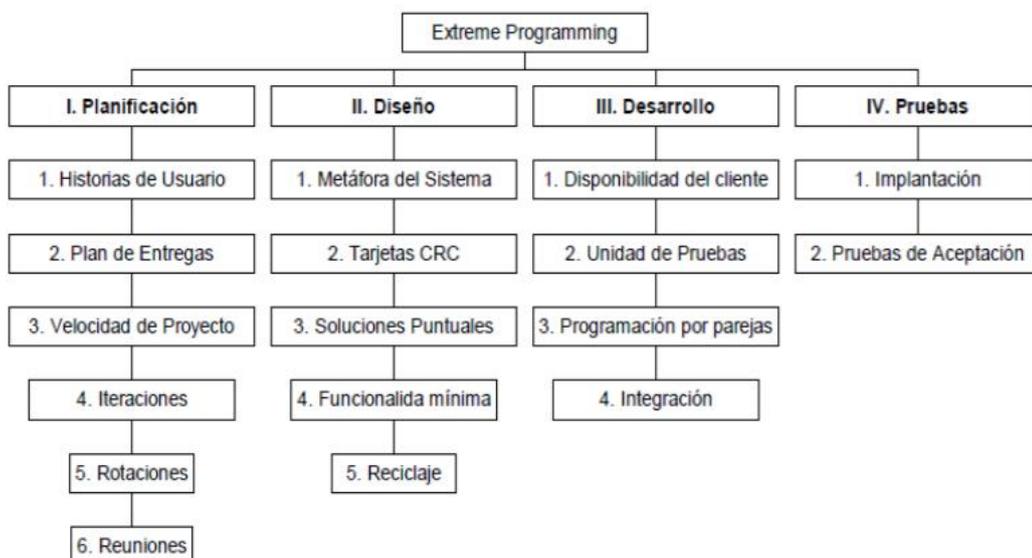


Figura N° 2.18: Fases de la metodología XP (Pater, 2013)

2.2.9 SISTEMA GESTOR DE BASE DE DATOS

Pons, Marín, Medina, Carrillo y Vila (2005) definen que un Sistema Gestor de Bases de Datos o SGBD, también llamado DBMS (Data Base Management System) como una colección de datos relacionados entre sí, estructurados y organizados, y un conjunto de programas que acceden y gestionan esos datos. La colección de esos datos se denomina Base de Datos o BD.

“El sistema gestor de base de datos (SGBD) es una aplicación que permite a los usuarios definir, crear y mantener la BD y proporciona un acceso controlado a la misma” (Ramos y Ramos, 2007, p.3).

Según Cobo (2008), asegura que un sistema de gestión de base de datos es un software o conjunto de programas que permite crear y mantener una base de datos. El SGBD actúa como interfaz entre los programas de aplicación (Usuarios) y el sistema operativo. El objetivo principal de un SGBD es proporcionar un entorno eficiente a la hora de almacenar y recuperar la información de la base de datos.

Los conceptos sobre, uso, funciones y características del sistema gestor de base de datos le pertenecen al autor Date (2001), los sistemas de gestión de bases de datos (database management system, abreviado DBMS) son un tipo de software muy específico, dedicado a servir de interfaz entre la base de datos, el usuario y las aplicaciones que la utilizan. Uno de los objetivos generales de los sistemas de gestor de bases de datos es el de manejar de manera clara, sencilla y ordenada un conjunto de datos que posteriormente se convertirán en información relevante para una organización.

Un sistema de administración de bases de datos DBMS es un sistema basado en computador (software) que maneja una base de datos, o una colección de bases de datos o archivos. La persona que administra un DBMS es conocida como el DBA (Database Administrator).

Usos de un DBMS

Los sistemas de administración de bases de datos son usados para:

- a) Permitir a los usuarios acceder y manipular la base de datos proveyendo métodos para construir sistemas de procesamiento de datos para aplicaciones que requieran acceso a los datos.
- b) Proveer a los administradores las herramientas que les permitan ejecutar tareas de mantenimiento y administración de los datos.

Funciones de un DBMS

Algunas de las funciones de un DBMS son:

- a) Definición de la base de datos - como la información va a ser almacenada y organizada.
- b) Creación de la base de datos - almacenamiento de datos en una base de datos definida.
- c) Recuperación de los datos - consultas y reportes.
- d) Actualización de los datos - cambiar los contenidos de la base de datos.
- e) Programación de aplicaciones - para el desarrollo de software.
- f) Actualización de los datos - cambiar los contenidos de la base de datos.
- g) Control de la integridad de la base de datos.
- h) Monitoreo del comportamiento de la base de datos.

Características de un DBMS

- a) **Control de la redundancia de datos.** - Este consiste en lograr una mínima cantidad de espacio de almacenamiento para almacenar los datos evitando la duplicación de la información.
- b) **Compartimiento de datos.** - Los datos pueden ser compartidos entre muchos usuarios simultáneamente, proveyendo, de esta manera, máxima eficiencia.
- c) **Mantenimiento de la integridad.** - La integridad de los datos es la que garantiza la precisión o exactitud de la información contenida en una base de datos.
- d) **Soporte para control de transacciones y recuperación de fallas.** - Se conoce como transacción toda operación que se haga sobre la base de datos. Las transacciones deben por lo tanto ser controladas de manera que no alteren la integridad de la base de datos.
- e) **Independencia de los datos.** - En las aplicaciones basadas en archivos, el programa de aplicación debe conocer tanto la organización de los datos como las técnicas que le permiten acceder a los datos. En los sistemas DBMS los programas de aplicación no necesitan conocer la organización de los datos en el disco duro. Este totalmente independiente de ello.
- f) **Seguridad.** - La disponibilidad de los datos puede ser restringida a ciertos usuarios.
- g) **Velocidad.** - Los sistemas DBMS modernos poseen altas velocidades de respuesta y proceso.
- h) **Independencia del hardware.** - La mayoría de los sistemas DBMS están disponibles para ser instalados en múltiples plataformas de hardware.

Los sistemas de bases de datos relacionales RDBMS (Relational Database Management System) tales como Oracle, MySQL, SQL Server, PostgreSQL, entre otros, le permiten ejecutar las tareas como ingresar, almacenar, recuperar, crear reportes e informes con los datos.

LENGUAJE DE CONSULTA ESTRUCTURADO (SQL)

De acuerdo a Kroenke (2003), señala que el lenguaje de consulta estructurado, o SQL (Structured Query Language) es el lenguaje de manejo de datos relacionales actual más importante. Ha recibido el respaldo del American National Standards Institute (ANSI) como el lenguaje seleccionado para el manejo de base de datos relacionales, y es el lenguaje de acceso a datos que usan muchos productos DBMS comerciales..., SQL ha sido el lenguaje estándar para el intercambio de información entre computadoras. Puesto que hay una versión SQL que puede funcionar en casi todas las computadoras y sistemas operativos, los sistemas de cómputo pueden intercambiar datos, consultas y respuestas.

Según Rob y Coronel (2003), opinan que el lenguaje se compone de comandos que les permite a los usuarios crear base de datos y estructuras de tabla, realizar varios tipos de manipulación y administración de datos y consultar la base de datos para extraer información útil. Todo el software de RDMS soporta SQL y muchos vendedores de software han desarrollado extensiones del conjunto de comandos SQL básico.

MYSQL

Es un sistema de gestión de bases de datos relacional multihilo, multiusuario y multiplataforma, proporciona sistemas de almacenamiento transaccionales y no transaccionales, usa tablas en disco B-tree (MY ISAM) muy rápidas con compresión de índice; Reserva de memoria muy rápido basado en threads, joins muy rápidos usando un multi-join de un paso optimizado, tablas hash en memoria usadas como tablas temporales, pruebas con purify (un detector de memoria) así como con valgrind herramienta GPL. Ofrece seguridad, escalabilidad, conectividad e interfaz para el conector ODBC, Jmysql, cliente y herramientas para revisar, optimizar y reparar tablas. Fredman(S.f).

2.2.10 PROGRAMACIÓN ORIENTADA A OBJETOS (POO)

“La programación orientada a objetos trata de utilizar una visión real del mundo dentro de nuestros programas. La visión que se tiene del mundo dentro de la POO es que se encuentra formado por objetos” (Noriega, 2007).

A pesar de que los lenguajes orientados a objetos existen desde la década de 1960, durante la última década se está dando un crecimiento sin paralelo en el uso y la aceptación de las tecnologías de objetos en toda la industria del software. Aunque no tuvo un comienzo muy favorable, éxitos recientes como los de Java, CORBA y C++ han impulsado a las tecnologías orientadas a objetos a nuevos niveles de aceptación. Después de muchos años de estar limitada a los entornos

académicos y de tener que lidiar contra las prácticas muy arraigadas, la POO ha madurado hasta un punto en que la gente ha visto cristalizada las promesas de esta tecnología. En la actualidad su uso es obligatorio en muchas compañías de desarrollo de software (Sintes, 2002).

Object-oriented programming (OOP) is a style of programming that focuses on an application's data and the methods you need to manipulate that data. With OOP, you encapsulate data with all the methods needed to access it; you create objects that hold all their attributes and all the actions that use those attributes. OOP uses all of the concepts you are familiar with from modular procedural programming, such as variables, methods, and passing values to methods. Methods in object-oriented programs continue to use sequence, selection, and looping structures and make use of arrays. However, object-oriented programming adds several new concepts to programming and involves a different way of thinking. A considerable amount of new vocabulary is involved as well (Farrel, 2011, p: 263).

Según Weitzenfeld (2005), asegura que la programación orientada a objetos define una estructura de más alto nivel llamada objeto, que ofrece dos ventajas sobre la programación tradicional:

- a) Permite al programador que organice su programa de acuerdo con abstracciones de más alto nivel, siendo éstas más cercanas a la manera de pensar de la gente.
- b) Los datos globales desaparecen, siendo éstos junto con las funciones parte interna de los objetos. Por lo tanto, cualquier cambio en la estructura de alguno de los datos sólo debiera afectar las funciones definidas en ese mismo objeto y no en los demás.

2.2.10.1 ELEMENTOS DE LA PROGRAMACION ORIENTADO A OBJETOS CLASE

“Una clase describe a un conjunto de objetos que comparten una estructura y un comportamiento común” (García, L., 2010, p.7).

Según Noriega (2007), sostiene que una clase es un modelo o prototipo que define un tipo de objeto determinado. Una clase define los atributos y métodos que va a poseer un objeto. Mediante las clases se podrá crear o instanciar objetos de un mismo tipo, es decir, las clases ofrecen el beneficio de la reutilización.

OBJETO

“Un objeto de software es cualquier cosa real o abstracta acerca de la cual almacenamos datos y los métodos que controlan dichos datos” (Flores, 2007, p.535).

Según Duran, Gutiérrez y Pimentel (2007), afirman que un objeto se puede considerar como una representación de un objeto real o aun no siendo tan real podemos hacernos una idea de que es un elemento existente con ciertas propiedades. Estos objetos no tienen que representar fielmente los objetos reales del mundo; solamente deben representar aquella información que sea necesaria para solucionar nuestro problema.

ATRIBUTO

Según Flores (2007), asegura que los atributos en principio, sirven para almacenar valores de los objetos que se instancian a partir de una clase. Y se clasifica en; atributos de instancia, son variables que almacenan valores distintos para todos los objetos de una misma clase, y atributos de clase, son variables que almacenan el mismo valor para todos los objetos de una misma clase. “Un atributo es una propiedad que ayuda a describir un objeto” (García, L., 2010, p: 8).

MENSAJES

“Los mensajes son la forma que tienen de comunicarse distintos objetos entre sí. Puesto que un objeto por sí solo no es demasiado útil, sino que se suele utilizar dentro de una aplicación o programa que utiliza otros objetos” (Noriega, 2007, p.23).

“Un mensaje está asociado con un método, de tal manera que cuando un objeto recibe un mensaje la respuesta a ese mensaje es ejecutar el método asociado” (Carrasco, 2004, p.100).

MÉTODOS

“Abstracción de una acción, servicio, comportamiento o tarea que puede ser realizado por un objeto. Generalmente, un método manipula la información registrada en los atributos a través de una o más instrucciones” (García, L., 2010, p: 26).

“Son acciones que se pueden realizar con los objetos. También se define un método como la implementación de un mensaje, al fin acabo, un mensaje es la llamada o invocación de un método de un objeto” (Noriega, 2007, p: 25).

2.2.10.2 CARACTERÍSTICAS DE LA PROGRAMACION ORIENTADO A OBJETOS ENCAPSULAMIENTO

“El encapsulamiento hace referencia a ocultar los detalles de implementación internos del objeto a los demás. Esta propiedad permite asegurar que el contenido de la información de un objeto se encuentra seguro del mundo exterior” (García, L., 2010, p. 40).

“el encapsulamiento nos permite combinar los datos y las operaciones en un mismo objeto, de forma que éste ofrece una interfaz de comunicación para relacionarse con otros objetos, haciendo inaccesibles todos los detalles internos de su funcionamiento.” (Carrillo, 2006, p. 353).

HERENCIA

Según Badenas, Llopis y Coltell (2001), indican que la herencia es el mecanismo más importante de la POO. En realidad es lo que le separa de la programación con tipos abstractos de datos. Los humanos solemos hacer abstracciones en dos dimensiones: *parte-de* y *tipo-de*. Un coche es un *tipo-de* vehículo y *tiene* ruedas, motor, etc. La relación *parte-de* ha sido utilizada y explotada por la programación durante tiempo, mientras que la herencia añade la otra relación.

Por su parte Deitel y Deitel (2004), señalan que la herencia es una forma de reutilización de software, en la que las nuevas clases se desarrollan rápidamente y absorben fácilmente las capacidades de las clases existentes y agregan de manera adecuada nuevas capacidades.

POLIMORFISMO

“El polimorfismo se refiere a la capacidad de adquirir muchas formas. En el contexto de POO, esto significa que el mismo método denota muchos métodos que son miembros de diferentes objetos” (Drozdek, 2007, p: 21).

“En POO, el polimorfismo permite que diferentes objetos respondan de modo diferente al mismo mensaje. El polimorfismo adquiere su máxima potencia cuando se utiliza en unión de herencia” (Joyanes, 2003, p: 686).

ABSTRACCIÓN

Según Noriega (2007), opina que la abstracción es la capacidad de ignorar algunos aspectos de la realidad con el fin de facilitar la realización de una nueva tarea. Nos permite ignorar aquellos aspectos de la realidad que no intervienen en el problema que deseamos abordar, y también nos permite ignorar los aspectos de implementación de los objetos en los pasos iniciales, con lo cual sólo necesitamos conocer qué es lo que hace un objeto, y no cómo lo hace, para definir un objeto y establecer las relaciones de éste con otros objetos.

De acuerdo a Xhafa, Vásquez, Gómez, Molinero y Martín (2006), aseguran que la abstracción tiene que ver con el conocimiento de las similitudes entre los objetos, situaciones o procesos del mundo real, el estudio de estas similitudes y prescindiendo de las diferencias.

2.2.11 ALGORITMOS GENÉTICOS (GA)

El algoritmo genético (GA), es un método que modifica una población de “cromosomas” (1,0, reales o enteros, vector), para una nueva población usando una especie de “selección” natural en paralelo con los operadores genéticos de cruce, mutación. Cada gen es un alelo particular por ejemplo 0 o 1. El operador de selección selecciona estas cromosomas en la población que va a reproducir, genera nuevos descendientes que constituirá la nueva población (Mitchell, 1996).

La implementación del algoritmo genético se inicia con una población aleatoria u ordenada de los cromosomas. Cuando se evalúa la posibilidad de reproducción de cada individuo, verificándose de que ya tiene la solución requerida en la población, en caso contrario, se realiza una selección de los reproductores y una vez hecho genera una nueva población en la que algunos individuos puedan haber mutado (Mitchell, 1996).

Según (Do Nascimento, 2012, P.64) La estructura básica del algoritmo genético puede ser mostrada en la figura 2.19.

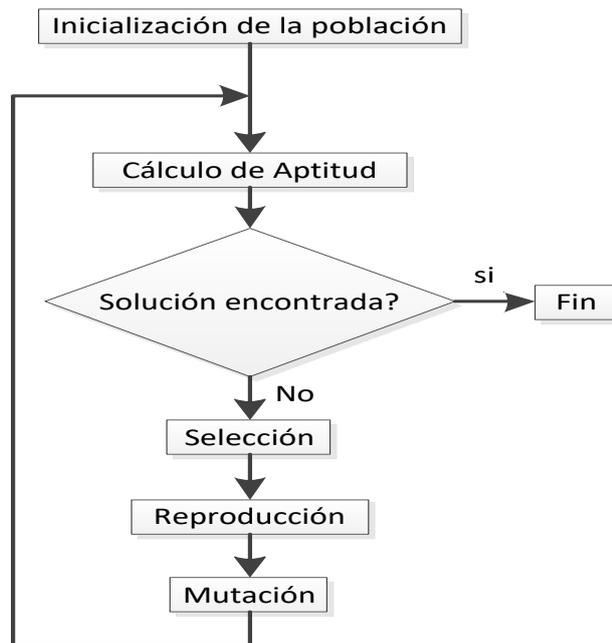


Figura 2.19: Estructura básica de Algoritmo Genético.

A. INICIALIZACIÓN DE LA POBLACIÓN

Una población de individuos o cromosomas deben ser generadas aleatoriamente u ordenadamente, para tener grandes variedades de genes, cuando se genera una población tenemos la primera generación de posibles soluciones (Do Nascimento, 2012, P.64).

B. REPRESENTACIÓN DEL CROMOSOMA

Un cromosoma puede ser representado de tres formas diferentes (binaria, entera y real). De acuerdo con el tipo de problema se puede utilizar cualquiera de estos tres tipos de representación. La codificación y decodificación de información junto con la función de evaluación, une al algoritmo genético al problema resuelto, en la figura 4.2 el cromosoma está representado por un vector y su representación es en forma real. Un valor real del vector representa un gen (Do Nascimento, 2012, P.64).

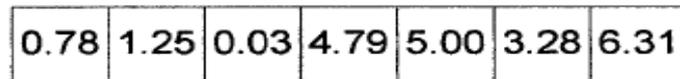


Figura 2.20: Cromosoma con representación real

C. EVALUACIÓN DE LA FUNCIÓN

La función de evaluación evalúa cada individuo de la población que depende de las especificaciones de diseño, asignándole un valor a cada uno y clasificándolo de acuerdo a su capacidad (Do Nascimento, 2012, P.64).

D. SELECCIÓN

El proceso de selección en algoritmos genéticos elige los individuos para la reproducción. La selección se basa en la capacidad de los individuos: Los individuos más aptos tienen mayor probabilidad de ser seleccionados para su reproducción. Si la evaluación del individuo es mayor de la población de individuos tiene más probabilidad de ser seleccionado para su reproducción. La selección en el algoritmo genético es implementada como una ruleta, donde cada individuo está representado por una parte proporcional de capacidad relativa. El operador de selección es un componente esencial de los algoritmos genéticos. La representación de la ruleta también conocida como ruleta viciada en la figura 4.3, representa a cada individuo con diferentes posibilidades de ser sorteado dependiendo de su capacidad (Do Nascimento, 2012, P.65).

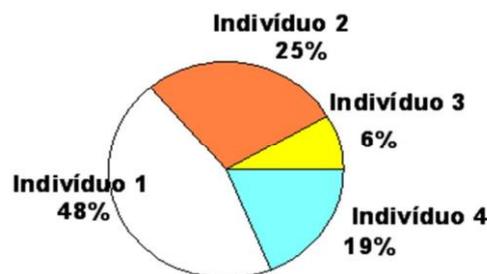


Figura 2.21: Ruleta con probabilidad de cada individuo

E. CROSSOVER

Al seleccionar individuos de la ruleta, estos individuos forman pares aleatorios, que serán la próxima generación de progenitores. Los pares de individuos seleccionados serán cruzados. La figura 4.4 ilustra cómo se realiza el cruce entre los padres (Do Nascimento, 2012, P.65).

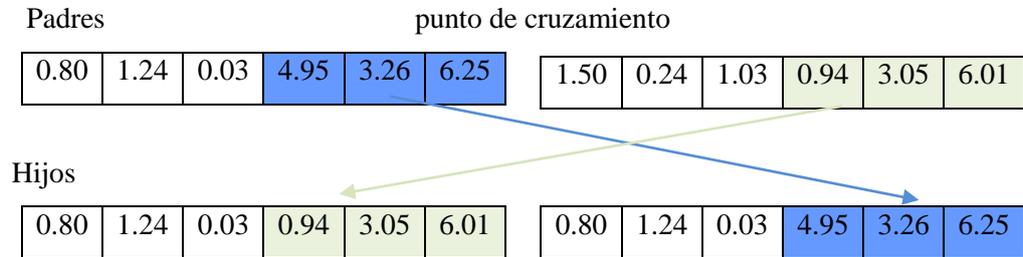


Figura 2.22: Cruzamiento de dos individuos

F. MUTACIÓN

La mutación crea la diversidad y tiene la función de mutar (cambiar) el gen dentro del cromosoma, generando individuos modificados para tener una diversidad de población. Su función para cambiar arbitrariamente, después del cruce de uno o más genes seleccionados al azar. El operador de mutación se aplica a individuos con una probabilidad dada por una tasa de mutación. La figura 2.23 muestra el proceso de mutación. (Miranda, 2009).

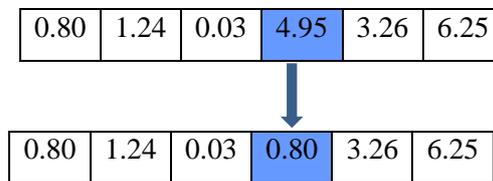


Figura 2.23: Proceso de mutación aplicado en un gen de cromosoma

El rango de representación de los números reales es casi ilimitado, pero los números se almacenan con una precisión limitada (15 dígitos para una variable de tipo double). Esto hace que al realizar multiplicaciones y divisiones los valores que se obtienen poseen un error de precisión, que no es relevante para la mayoría de las aplicaciones

2.2.12 MODELO VISTA CONTROLADOR

Modelo Vista Controlador (MVC) es un patrón de arquitectura de software que separa los datos de una aplicación, la interfaz de usuario, y la lógica de control en tres componentes distintos. El patrón de llamada y retorno MVC (según CMU), se ve frecuentemente en aplicaciones web, donde la vista es la página HTML y el código que provee de datos dinámicos a la página. El modelo es el Sistema de Gestión de Base de Datos y la Lógica de negocio, y el controlador es el responsable de recibir los eventos de entrada desde la vista.

MODELO

Según Deitel (2011) sostiene que un modelo se puede ver como una representación abstracta de cómo los datos son procesados por el sistema. “Los modelos están representados, como un conjunto de datos y métodos necesarios para procesar estos datos por medio del encapsulamiento de estos datos y funcionalidades”. Deber ser independiente de la entrada o salida de datos.

Un modelo puede ser dividido en varios sub-modelos pero todos estos sub- modelos deben ser totalmente compatibles con el principal.

Características:

- Se le considera el núcleo de la aplicación.
- Lleva a cabo las tareas de la aplicación
- Si se presentan cambios significativos en este, se deben actualizar todos los componentes de la aplicación necesarios.

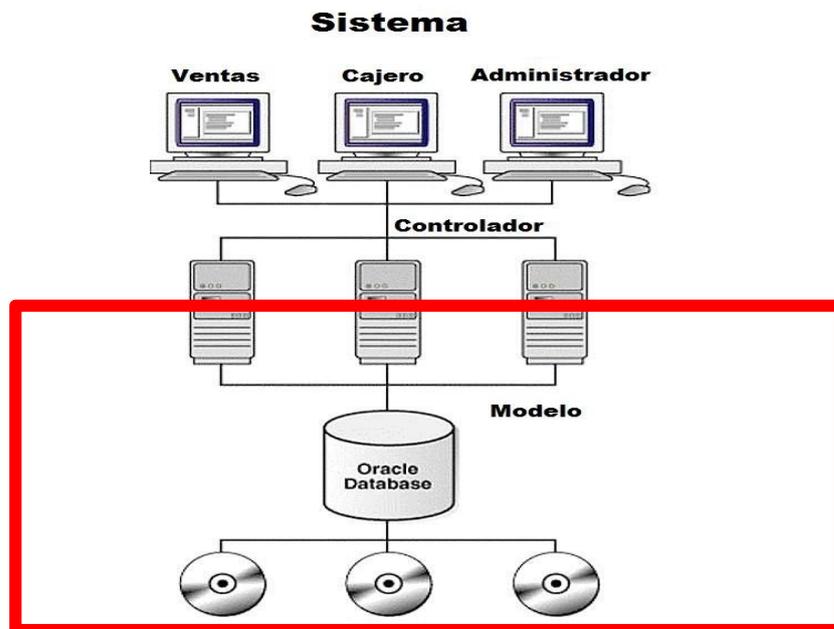


Figura N° 2.25: Modelo vista controlador, conjunto modelo (Deitel, 2010).

VISTA

De acuerdo a Deitel (2011) sostiene que la vista se encarga de desplegarle la información al usuario de la aplicación por medio de una interfaz gráfica, y obtener los datos del modelo. Es la única parte de la aplicación que interactúa con el usuario.

Un modelo puede tener más de una vista asociada, cada vista es capaz de mostrar una o más representaciones del modelo en la pantalla. En esta se muestran cuales operaciones son las que puede realizar el usuario dentro de la aplicación.

Gracias a esta característica de múltiples vistas se pueden existir por ejemplo en una aplicación una vista para el cliente, una vista del operador, o tener una vista general del administrador del sistema.

Cada vista tiene asociado un controlador que recibe la entrada de los datos, la cual debe pasar al modelo para obtener un resultado. Cada vez que el modelo devuelve algún resultado a la vista, esta se debe actualizar para desplegar la nueva información en la pantalla.

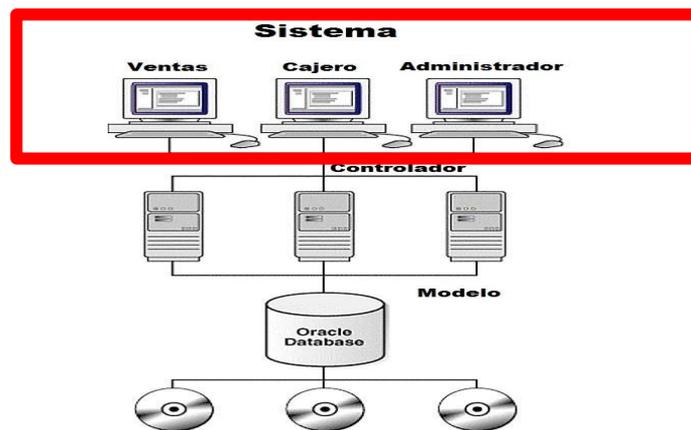


Figura N° 2.26: Modelo vista controlador, conjunto vista (Deitel, 2010).

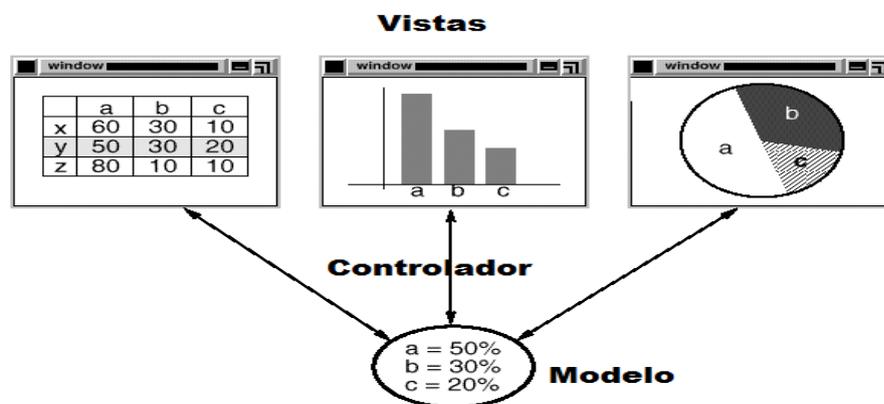


Figura N° 2.27: Modelo vista controlador, conjunto vista de reportes (Deitel, 2010).

Las vistas no necesariamente se limitan a un sistema dentro de una organización sino que también pueden ser vistas desde un modelo más amplio donde interactúan con otros sistemas.

CONTROLADOR

Los controladores son asociados a las vistas en una relación uno a uno, existen tantos controladores como vistas en una aplicación.

De acuerdo a Deitel (2011), el controlador toma la entrada proveniente de la vista como un evento, este despacha estos eventos dependiendo de la funcionalidad que presente el modelo, traduciendo estos para ser interpretados tanto para la vista como el modelo, esto se realiza por cada evento notable que se obtenga.

El comportamiento del controlador es definido por los diferentes estados del modelo, este registra cualquier cambio que se presente, disparando un proceso para que se actualice la información.

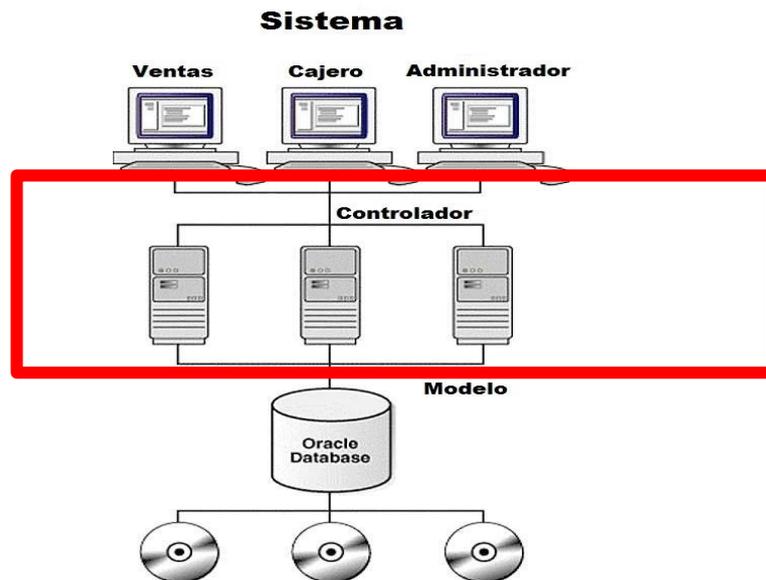


Figura N° 2.28: Modelo vista controlador, conjunto controladores (Deitel, 2010).

2.2.13 MVC PARA APLICACIONES DESKTOP

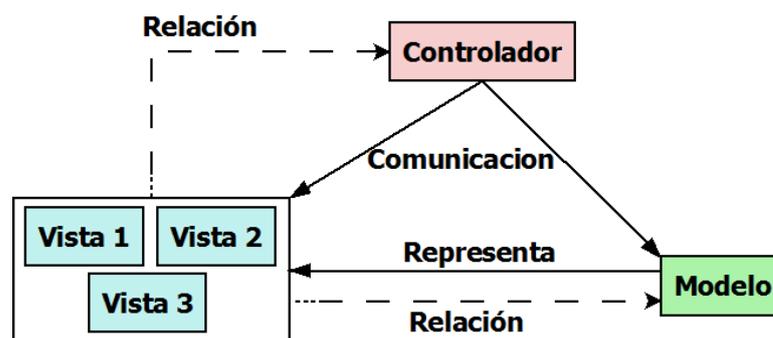


Figura N° 2.29: Relación entre los módulos del patrón MVC (Deitel, 2010).

Como lo muestra la figura N° 2.29 este es un típico ejemplo del diagrama del MVC para una aplicación Desktop, en este se muestra la independencia que existe entre cada uno de los componentes que integran el patrón.

Se debe distribuir el controlador y a la vista en la capa de presentación y al modelo en un servidor de contenido. El Modelo lo constituyen los datos y las operaciones de la aplicación a implementar. La Vista despliega la información del modelo en formato correspondiente en este caso una interfaz gráfica. El Controlador responde a los eventos de la interfaz y comunica las acciones al modelo.

2.2.14 POBLACIÓN Y MUESTRA

POBLACIÓN

“La población se define como la totalidad del fenómeno a estudiar donde las unidades de población poseen una característica común la cual se estudia y da origen a los datos de la investigación” (Tamayo, 1997).

“Una población es un conjunto de todos los elementos que estamos estudiando, acerca de los cuales intentamos sacar conclusiones” (Leviny y Rubin, 2004).

La población es el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones, podemos decir que la población es la totalidad del fenómeno a estudiar, en donde las unidades de población poseen una característica común la cual estudia y da origen a los datos. (Hernández, 2000).

Bernal (2006) define que la población es el conjunto total de individuos, objetos o medidas que poseen algunas características comunes observables en un lugar y en un momento determinado. Cuando se vaya a llevar a cabo alguna investigación debe de tenerse en cuenta algunas características esenciales al seleccionarse la población bajo estudio. Entre éstas tenemos:

- a. Homogeneidad, que todos los miembros de la población tengan las mismas características según las variables que se vayan a considerar en el estudio o investigación.
- b. Tiempo, se refiere al período de tiempo donde se ubicaría la población de interés. Determinar si el estudio es del momento presente o si se va a estudiar a una población de cinco años atrás o si se van a entrevistar personas de diferentes generaciones.
- c. Espacio, se refiere al lugar donde se ubica la población de interés. Un estudio no puede ser muy abarcador y por falta de tiempo y recursos hay que limitarlo a un área o comunidad en específico.
- d. Cantidad, se refiere al tamaño de la población. El tamaño de la población es sumamente importante porque ello determina o afecta al tamaño de la muestra que se vaya a seleccionar, además que la falta de recursos y tiempo también nos limita la extensión de la población que se vaya a investigar.

MUESTRA

“La muestra se define como un subgrupo de la población. Para delimitar las características de la población” (Hernández, 2000).

Arias (1999) define a la muestra como una población o sea, un número de individuos, un objeto de los cuales es un elemento del universo o población, es decir, un conjunto de la población con la que se está trabajando por lo cual esta investigación se circunscribe a la cantidad de casos que se gestionan.

2.2.15 MUESTREO

2.2.15.1 MUESTREO POR CONVENIENCIA

Según Martínez (2001), “Se trata de una aproximación cualitativa que busca encontrar cierto consenso entre la opinión de un conjunto de expertos en el tema en cuestión. Incluye básicamente, dos métodos: las reuniones de consenso y el método *Delphi*. Éste último consiste en el envío de cuestionarios a expertos con los resultados más relevantes extraídos de los estudios revisados, expresados en forma de afirmaciones. A los expertos se les invita a que asignen una puntuación a cada una de las afirmaciones. Después de procesar las puntuaciones que han realizado, se reenvían las afirmaciones a cada experto, con la calificación media del grupo y la suya propia, a fin de comprobar si consideran conveniente modificarla, para acercarse a la media, o si, por el contrario, deciden mantener la puntuación. Éste proceso iterativo conduce a consensos interesantes, que a menudo arrojan resultados sólidos para la investigación.”

“Clasifica los ítems por su afinidad. El grupo lo forman personas con conocimientos y criterios sobre la materia que se va a estudiar para poder clasificar los ítems en grupos homogéneos” (Grande y Abascal, 2013).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El estudio es observacional porque se levantarán los datos secundarios para la variable transformador trifásico.

El estudio es retrospectivo porque la información existe en los protocolos de pruebas, catálogos, manuales y las normas eléctricas.

El estudio es transversal porque se recolecta la información por única vez con datos del año 2015.

El estudio es descriptivo por que el software para diseñar un transformador trifásico de distribución eléctrica eficiente, que se desarrollará describe las variables de transformador trifásico y eficiencia que se presentará mediante diseños y cálculos eléctricos, magnéticos, térmicos, mecánicos y las pérdidas a diferentes condiciones de funcionamiento del transformador trifásico de distribución eléctrica eficiente.

3.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación es descriptivo porque se estudia el desarrollo de un prototipo denominado “Software para diseñar un transformador trifásico de distribución eléctrica eficiente”; Hs Ingeniería E.I.R.L, 2017”

3.3 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño de la investigación es observacional, retrospectiva, transversal y descriptivo que considera a la unidad de estudio, al transformador, se recopila información para el desarrollo del prototipo de software de diseño de transformador trifásico de distribución eléctrica eficiente, mediante la técnica de análisis documental de las normas eléctricas, manuales de diseño y catálogos, la información recopilada será procesada, a fin de calcular y diseñar la parte activa, mecánica, térmica y las pérdidas. El método para procesar la información recolectada será el proceso ágil programación extrema, los resultados se presentarán mediante planos eléctricos, mecánicos y formatos que describan las características técnicas y los accesorios del transformador trifásico de distribución eléctrica para su fabricación.

3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA

3.4.1. POBLACIÓN

La población está compuesto por todos los transformadores trifásicos de distribución eléctrica, en el rango de 100 a 1000KVA de potencia en la empresa Hs Ingeniería E.I.R.L, 2017.

3.4.2. MUESTRA

Se realizó el muestreo por conveniencia de 25 transformadores trifásicos de distribución eléctrica, de potencias 100, 800 y 1000KVA en la empresa, Hs Ingeniería E.I.R.L, 2017.

3.5 VARIABLES E INDICADORES

DEFINICION CONCEPTUAL DE LAS VARIABLES

PRIMERA VARIABLE DE INTERES

TRANSFORMADOR TRIFÁSICO

Es una máquina eléctrica estática que mediante la inducción electromagnética, eleva o reduce el nivel de tensión (Voltios), en un circuito de corriente alterna (AC), manteniendo la potencia (KVA) y la frecuencia de operación (HZ). Está formado por núcleo ferromagnético magnético de tres o cinco columnas y tres bobinas eléctricas primarias y secundarias de cobre o aluminio montados sobre las columnas del núcleo ferromagnético, conectadas a través del flujo magnético que se establece en el núcleo ferromagnético.

VARIABLES DESCRIPTIVAS DE LA PRIMERA VARIABLE

PARTE ACTIVA

La parte activa del transformador, es el sistema de transformación de energía compuesto por el núcleo ferromagnético, los bobinados y las conexiones de media y baja tensión.

PARTE MECÁNICA

Es la envolvente metálica del transformador que contiene la parte activa, el líquido aislante, es la parte donde se instalan los accesorios.

PARTE TÉRMICA

Formado por el dieléctrico líquido, aporta el aislamiento y la refrigeración necesaria para el buen funcionamiento del transformador.

SEGUNDA VARIABLE DE INTERES

EFICIENCIA

En un transformador la eficiencia depende de la potencia de la carga que se conecte, su factor de potencia y las pérdidas del transformador, alcanzará su máxima eficiencia en un grado de carga tal que las pérdidas de vacío igualen a las pérdidas de plena carga, según la comisión eléctrica internacional 60076-1, norma técnica nacional 370.002.

VARIABLES DESCRIPTIVAS DE LA SEGUNDA VARIABLE

PERDIDAS

Un transformador normal tiene pérdidas debido a varias razones que son; a) Perdidas en los devanados de media y baja tensión; b) Pérdidas de magnetización (función de la frecuencia y del hierro del núcleo); c) Pérdidas de origen dieléctrico (por el medio aislante sólido y líquido); d) Pérdidas de origen parasitario (asociadas a corrientes parásitas).

DEFINICIÓN OPERACIONAL DE LAS VARIABLES

PRIMERA VARIABLE DE INTERES

X: Transformador trifásico.

VARIABLES DESCRIPTIVAS DE LA PRIMERA VARIABLE

X1: Parte Activa.

X2: Parte mecánica.

X3: Parte térmica.

X4: Accesorios.

SEGUNDA VARIABLE DE INTERES

Y: Eficiencia.

VARIABLES DESCRIPTIVAS DE LA SEGUNDA VARIABLE

Y1: Pérdidas del transformador.

La operacionalización de las variables se muestra en el anexo "A".

3.6 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA EL LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN

3.6.1 TÉCNICAS PARA RECOLECTAR LA INFORMACIÓN

La técnica que se utilizó para levantar la información es el análisis documental aplicado a normas eléctricas, manuales de diseño, protocolos de pruebas de laboratorio, fichas técnicas y

catálogos de accesorios para transformadores trifásicos de distribución eléctrica.

3.6.2 INSTRUMENTOS PARA RECOLECTAR LA INFORMACIÓN

Se utilizó el instrumento ficha para análisis documental, se muestra en el anexo B, instrumento que nos permite recolectar la información sobre las variables de interés para el transformador trifásico y eficiencia.

HERRAMIENTAS PARA EL TRATAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Las herramientas fueron seleccionadas en función al marco teórico y la necesidad del estudio, mencionadas en el capítulo II.

SOFTWARE	FABRICANTE	SERVICIO
WINDOWS 10	Producida por Microsoft Corporation	Windows 10
ENTERPRISE ARCHITEC	Sparx System Community	Enterprise Architec es una herramienta comprensible de diseño y análisis UML, cubriendo el desarrollo de software desde el paso de los requerimientos a través de las etapas del análisis, modelos de diseño, pruebas y mantenimiento. EA es una herramienta multi – usuario, basada en Windows, diseñado para ayudar a construir software robusto y fácil de mantener. Ofrece salida de documentación flexible y de alta calidad.
MySQL	Desarrollado bajo licencia GPL/ licencia comercial por Oracle Corporation)	Es un sistema para la gestión de base de datos relacional.
Hibernate	Hibernate es software libre, distribuido bajo los términos de la licencia GNU LGPL	Es una herramienta de mapeo objeto – relacional (ORM) de atributos en una base de datos relacional y el modelo de objetos mediante XML o BEANS
Java	Desarrollado por Sun Microsystems	Es un lenguaje de programación orientado a objetos, multiplataforma

SOFTWARE	FABRICANTE	SERVICIO
Netbeans IDE	Fundado por Sun Microsystems, 2000	Es un entorno de desarrollo integrado para java soporta (J2SE, Web, EJB, Móviles), ant, control de versiones y refactoring, pero puede servir para cualquier otro lenguaje de programación
JasperReports	Sun Microsystems	JasperReports es una herramienta de código libre en java para generar reportes. Puede entregar presentaciones o diseños en la pantalla, para impresión o para archivos en formato PDF, HTML, RTF, XLS, CSV Y XML
Ireport	Sun Microsystems	Ireport es un diseñador visual de código libre para JasperReports.

Tabla N° 3.1: Herramientas tecnológicas para el tratamiento de datos.

3.6.3 TÉCNICAS PARA APLICAR EL PROCESO ÁGIL XP

Según el capítulo 2, la sección 2.2.8, se formula el proceso, que considera las fases para desarrollar la aplicación desktop usando la metodología ágil de programación extrema como se muestra en las tablas 3.2 a 3.4.

TAREA	ARTEFACTO	TÉCNICA	RESPONSABLES
Escribir historias de usuario	Historia de usuario	<ul style="list-style-type: none"> • Describir brevemente la historia de usuario con la regla del negocio (lo que el sistema debe hacer) • Dividir historias de usuario grandes 	Cliente
Probar las tecnologías a utilizar	Arquitectura técnica inicial	<ul style="list-style-type: none"> • Explorar posibilidades de uso de tecnologías • Probar el rendimiento de las tecnologías • Definir las tecnologías a usar 	Cliente Programador Entrenador
Estimar esfuerzo para historias de	Plan de alto nivel	<ul style="list-style-type: none"> • Conocer previamente la historia de usuario • Hacer una implementación 	Programador

TAREA	ARTEFACTO	TÉCNICA	RESPONSABLES
usuario		rápida de historia de usuario <ul style="list-style-type: none"> • Estimar esfuerzo (semana) para desarrollar la historia de usuario 	

Tabla N° 3.2: Exploración (Porras, 2010)

TAREA	ARTEFACTO	TÉCNICA	RESPONSABLES
Rescribir las historias de usuario	Historia de usuario	<ul style="list-style-type: none"> • Describir detalladamente la historia de usuario con la regla del negocio 	Cliente
Formular el plan de versiones	Plan de versión (una iteración)	<ul style="list-style-type: none"> • Introducir nuevos requisitos del software • Definir prioridad para cada historia de usuario por necesidad del negocio 	Cliente
		<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar técnicas de elaboración del plan de alto nivel • Estimar y asignar esfuerzo (semana) para cada historia de usuario en función a tiempo para planear, diseñar, implementar y probar • Estimar y asignar riesgo a cada historia de usuario en función a situación que afecta la estimación del esfuerzo • Actualizar tarjeta de historia de usuario 	Programador

Tabla N° 3.3: Planificación (Porras, 2010)

TAREA	ARTEFACTO	TÉCNICA	RESPONSABLES
Definir la arquitectura técnica	Arquitectura técnica	<ul style="list-style-type: none"> • Actualizar la arquitectura técnica inicial • Usar características del 	Cliente Programador Entrenador

TAREA	ARTEFACTO	TÉCNICA	RESPONSABLES
		negocio <ul style="list-style-type: none"> • Utilizar arquitectura por capas • Integrar frameworks 	
Escribir tareas de ingeniería	Tarea de ingeniería	<ul style="list-style-type: none"> • Dividir cada historia de usuario en tareas, describir usando reglas del negocio cada tarea de ingeniería 	Cliente Programador
Formular el plan de iteraciones	Plan de iteración	<ul style="list-style-type: none"> • Estimar y asignar esfuerzo para desarrollar una tarea de ingeniería 	Programador
		<ul style="list-style-type: none"> • Asignar una tarea de ingeniería al programador 	Entrenador Programador
		<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar el plan de versión • Actualizar el plan con tareas de ingeniería de la siguiente iteración • Actualizar el plan cuando fallo prueba de aceptación • Actualizar el plan con tareas no concluidas • Actualizar las tarjetas de tarea de ingeniería 	Programador Entrenador Supervisar
Crear pruebas de aceptación	Caso de prueba de aceptación	<ul style="list-style-type: none"> • Escribir pruebas de aceptación para cada historia de usuario por iteración 	Cliente Encargado de pruebas
Implementar las interfaces	GUI	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar con precisión la GUI relacionada a cada historia de usuario • Generar código para la interfase usando una herramienta 	Cliente Programador
Escribir tarjetas CRC para cada tarea de	Tarjeta CRC	<ul style="list-style-type: none"> • Diseñar para una tarea de ingeniería de forma simple. 	Cliente Programador

TAREA	ARTEFACTO	TÉCNICA	RESPONSABLES
ingeniería		<ul style="list-style-type: none"> • Rediseñar por falla de prueba de aceptación una tarea. • Identificar responsabilidades. • Indentificar colaboración. • Identificar atributos. 	
Implementar la base de datos física	Base de datos física	<ul style="list-style-type: none"> • Escribir script usando tarjetas CRC • Ejecutar script usando DBMS 	Programador
Implementar código para clases entidad	Código fuente	<ul style="list-style-type: none"> • Escribir código fuente o generar con una herramienta usando tarjetas CRC 	Programador
Crear pruebas unitarias para la clase control	Prueba unitaria	<ul style="list-style-type: none"> • Escribir código fuente para una prueba unitaria, usando una herramienta • 	Programador
Implementar código fuente	Código fuente	<ul style="list-style-type: none"> • Codificar una tarea de ingeniería • Hacer refactoring • Mover programadores 	Programador Supervisor
Ejecutar pruebas unitarias	Reporte de pruebas unitarias	<ul style="list-style-type: none"> • Ejecutar el módulo de cada prueba unitaria. • Modificar código fuente si la prueba unitaria muestra resultado incorrecto 	Programador
Realizar integración continua	Código fuente	<ul style="list-style-type: none"> • Integrar las tareas para una historia de usuario • Mantener sistema integrado todo el tiempo 	Programador
Ejecutar pruebas de integración para una historia de usuario	Reporte de pruebas de integración	<ul style="list-style-type: none"> • Integrar continuamente al concluir las tareas de una historia de usuario • Verificar que las pruebas de integración pasan al 100% 	Programador

TAREA	ARTEFACTO	TÉCNICA	RESPONSABLES
Ejecutar pruebas de aceptación	Reporte de pruebas de aceptación	<ul style="list-style-type: none"> • Correr la última versión de una iteración • Utilizar los casos de prueba de aceptación 	Cliente encargado de pruebas

Tabla N° 3.4: Iteración (Porrás, 2010)

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

4.1. METODOLOGIA PARA EL DISEÑO DEL TRANSFORMADOR MEDIANTE ALGORITMOS GENETICOS

El diseño del transformador trifásico de distribución eléctrica mediante algoritmos genéticos busca encontrar valores de dos parámetros que influyen en el cálculo del transformador como es la densidad de corriente y la inducción magnética, como las dimensiones del transformador atienden a los límites de valores establecidos por normas de la comisión eléctrica internacional (IEC60076-1). La búsqueda de la densidad de corriente adecuada implica una búsqueda de conductor comercial que soporte la corriente del transformador, y el número de espiras necesarias para generar la densidad de flujo magnético (B) deseada en el núcleo.

El calculista debe especificar la máxima inducción magnética deseada que pueda variar entre 15000 a 19000 Gauss, así como la densidad de corriente para la bobina de media tensión (d_AT) y de la bobina de baja tensión (d_BT) que pueden variar entre 2.5 a 4 amperes por milímetros cuadrados.

Con estos valores se calcula el resto del transformador, verificando si cumple los parámetros especificados por las normas como la pérdida en el núcleo, en el cobre, impedancia, la corriente de excitación (I_o). Si no cumple los valores establecidos, se debe ajustar a una nueva inducción magnética y a otras densidades de corriente para que sea calculado nuevamente.

Este ajuste de parámetros iniciales (B, d_AT, d_BT) es tratado como un problema de búsqueda de la mejor solución, solucionaremos mediante la función de fitness que describe el criterio que se desea satisfacer (normas IEC60076-1).

El algoritmo genético a implementarse utilizara una representación de 8 bits, cada individuo posee un cromosoma de 24 bits. Así la búsqueda ocurrirá en un espacio de $2^{24} = 16,777.26$ posibles combinaciones.

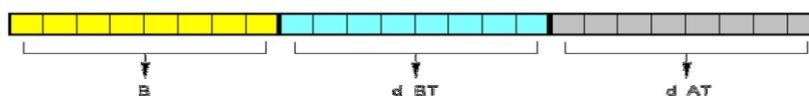


Figura 4.1 Codificación de cada individuo

En el caso de la inducción magnética que varía entre 1.5 a 1.9 teslas se tiene un rango de 1.9 - 1.5 = 0.40 teslas, y en el rango de la densidad de corriente tiene un rango de 4 – 2.5= 1.5 A/ mm², probaremos con 1000 generaciones de 25 individuos, a medida que las generaciones evolucionan, los individuos tienden a mejorar la combinación de sus genes

Al generar nueva población seleccionamos solo genes óptimos, puede ocurrir que un gen malo sea necesario, para garantizar que hay diversidad y adaptabilidad ocurre la mutación, siendo en ambos casos que la mutación es baja para eso utilizaremos una tasa de mutación de 1 a 5%, evaluaremos a los individuos mediante la función de fitness por lo tanto cuando menor sea la función mejor es el individuo.

Por lo tanto, la función de optimización será:

Evaluación (i) = (((pérdidas fierro + perdidas cobre) / (potencia * 1000)) * 100) < = 2.5, 2.0, 1.5
i = 0 individuo evaluado.

4.2. ARTEFACTOS DEL SOFTWARE APLICANDO EL PROCESO XP

4.2.1 FASE DE EXPLORACIÓN

Según el procedimiento desarrollado en la tabla 3.2 para el proceso XP, desarrollado según el capítulo II, fase de exploración, obtenemos los siguientes artefactos:

N	Historia de Usuario	Descripción
1	Iniciar sesión	El usuario (diseñador) se loguea para poder usar el software
2	Mantener parámetros de diseño del transformador	El Usuario (Diseñador) registra la información técnica sobre las características del transformador, el núcleo y parámetros de operación.
3	Calcular Bobina	El Usuario (software) calcula las dimensiones y el número de espiras y la sección de conductor del transformador.
4	Calcular Núcleo	El sistema (software) Calcula las dimensiones del ancho y altura, diámetro y la sección del núcleo magnético.
5	Calcular Tanque	El sistema (software) Calcula las dimensiones del tanque largo, ancho y altura.
6	Seleccionar accesorios del transformador	El sistema (software) Selecciona los accesorios según la potencia del transformador.

N	Historia de Usuario	Descripción
7	Calcular pérdidas del transformador	El sistema (software) calcula las pérdidas eléctricas y magnéticas de acuerdo a la potencia del transformador.
8	Calcular Gradiente y transferencia de calor del transformador	El sistema (software) Calcula la transferencia de calor del transformador.

Tabla N° 4.1: Historias de Usuario

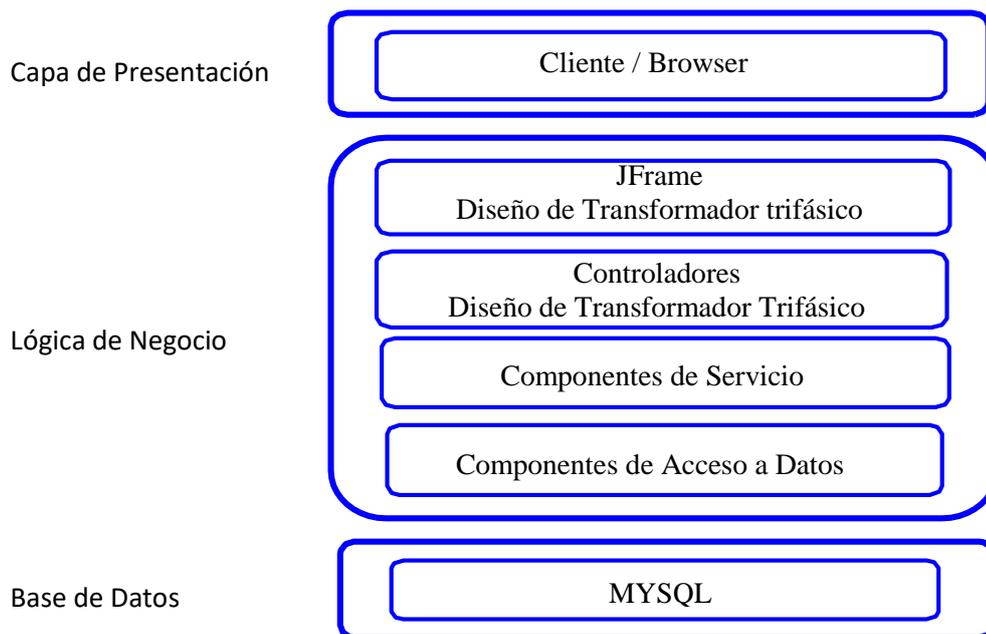


Figura N° 4.2: Arquitectura Técnica Inicial

N	Historia de Usuario	Esfuerzo (en días)
1	Iniciar sesión	2
2	Registrar parámetros de diseño del transformador	5
3	Calcular bobina del transformador	9
4	Calcular núcleo del transformador	7
5	Calcular tanque del transformador	6
6	Seleccionar accesorios del transformador	8
7	Calcular pérdidas del transformador	5
8	Calcular gradiente y transferencia de calor del transformador	6

Tabla N° 4.2: Plan de alto nivel

4.2.2 FASE DE PLANIFICACIÓN

Según el procedimiento desarrollado en la tabla 3.3 para el proceso XP, desarrollado según el capítulo II, fase de planificación, obtenemos los siguientes artefactos:

HISTORIA DE USUARIO	
NÚMERO: 1	USUARIO: Diseñador
NOMBRE DE LA HISTORIA: Iniciar sesión	
PRIORIDAD EN NEGOCIO: Alto	RIESGO EN DESARROLLO: Alto
PUNTOS ESTIMADOS: 1	ITERACIÓN ASIGNADA: 1
PROGRAMADOR RESPONSABLE: Clerk Sulca Quispe	
DESCRIPCIÓN: El usuario (Diseñador) ejecuta el programa, el sistema muestra el formulario “iniciar sesión”. El usuario ingresa el nombre y contraseña, y hace clic en la opción en el botón "Ingresar", el sistema muestra el formulario principal, cuando los datos ingresados sean los correctos, en caso contrario el sistema volverá a pedir los datos correctos mostrando los mensajes de error correspondientes.	
OBSERVACIONES: Ninguno	

Tabla N° 4.3: Historia de Usuario. Iniciar sesión.

HISTORIA DE USUARIO	
NÚMERO: 2	USUARIO: Diseñador
NOMBRE DE LA HISTORIA: Mantener parámetros de diseño del transformador	
PRIORIDAD EN NEGOCIO: Alto	RIESGO EN DESARROLLO: Alto
PUNTOS ESTIMADOS: 1	ITERACIÓN ASIGNADA: 1
PROGRAMADOR RESPONSABLE: Clerk Sulca Quispe	
DESCRIPCIÓN: El Usuario (Diseñador) hace clic en la opción “Registro de parámetros de diseño” del menú "Registro" el sistema muestra la interfaz “Registrar parámetros de cálculo del transformador”, el usuario registra la información técnica del transformador (serie, potencia, voltaje de alta y baja tensión, frecuencia, inducción magnética, densidad de corriente, espesor de lámina, grupo de conexión, datos de núcleo magnético y parámetros de operación. Para finalizar con el registro el usuario hace clic en el botón “Guardar”, el sistema verifica la validación de campos y guarda en la base de datos.	
OBSERVACIONES: Ninguna	

Tabla N° 4.4: Historia de Usuario. Registrar parámetros de diseño del transformador.

HISTORIA DE USUARIO	
NÚMERO: 3	USUARIO: Diseñador
NOMBRE DE LA HISTORIA: Calcular bobina del transformador	
PRIORIDAD EN NEGOCIO: Alto	RIESGO EN DESARROLLO: Alto
PUNTOS ESTIMADOS: 1	ITERACIÓN ASIGNADA: 1
PROGRAMADOR RESPONSABLE: Clerk Sulca Quispe	
DESCRIPCIÓN: El usuario (Diseñador) hace clic en el botón bobina del formulario registro de parámetros. El sistema muestra el formulario “bobina”. Con los datos técnicos calculados de las bobinas de media y baja tensión como (tipo de conexión, tensión de línea, tensión y corriente de bobina, densidad de corriente, sección de conductor, calibre, numero de espiras, dimensiones de las bobinas, perdidas en watts y peso) Para finalizar con el cálculo el usuario hace clic en el botón “Guardar”, el sistema verifica la validación de campos y guarda en la base de datos.	
OBSERVACIONES: Ninguna	

Tabla N° 4.5: Historia de Usuario. Calcular bobina del transformador.

HISTORIA DE USUARIO	
NÚMERO: 4	USUARIO: Diseñador
NOMBRE DE LA HISTORIA: Calcular núcleo del transformador	
PRIORIDAD EN NEGOCIO: Alto	RIESGO EN DESARROLLO: Alto
PUNTOS ESTIMADOS: 1	ITERACIÓN ASIGNADA: 1
PROGRAMADOR RESPONSABLE: Clerk Sulca Quispe	
DESCRIPCIÓN: El usuario (Diseñador) hace clic en el botón núcleo del formulario registro de parámetros. El sistema muestra el formulario “núcleo”. Con los datos técnicos calculados de las columnas, yugo el diámetro, sección en cm ² , las escalas con sus dimensiones y los pesos del núcleo magnético. Para finalizar con el cálculo el usuario hace clic en el botón “Guardar”, el sistema verifica la validación de campos y guarda en la base de datos.	
OBSERVACIONES: Ninguna	

Tabla N° 4.6: Historia de Usuario. Calcular núcleo del transformador

HISTORIA DE USUARIO	
NÚMERO: 5	USUARIO: Diseñador
NOMBRE DE LA HISTORIA: Calcular tanque del transformador	
PRIORIDAD EN NEGOCIO: Alta	RIESGO EN DESARROLLO: Alta
PUNTOS ESTIMADOS: 1	ITERACIÓN ASIGNADA: 1

PROGRAMADOR RESPONSABLE: Clerk Sulca Quispe
DESCRIPCIÓN: El usuario (Diseñador) hace clic en el botón tanque del formulario registro de parámetros. El sistema muestra el formulario “tanque”. Con los datos técnicos calculados Como las dimensiones del tanque (ancho, largo y altura), tapa (ancho y largo), brida (Largo, ancho, número de agujeros) y los intercambiadores de calor (aleta radiadores), el peso y espesor de las planchas de fierro para el tanque, tapa, intercambiadores y brida. Para finalizar con el cálculo el usuario hace clic en el botón “Guardar”, el sistema verifica la validación de campos y guarda en la base de datos.
OBSERVACIONES: Ninguna

Tabla N° 4.7: Historia de Usuario. Calcular tanque del transformador.

HISTORIA DE USUARIO	
NÚMERO: 6	USUARIO: Diseñador
NOMBRE DE LA HISTORIA: Seleccionar accesorios del transformador	
PRIORIDAD EN NEGOCIO: Alto	RIESGO EN DESARROLLO: Alto
PUNTOS ESTIMADOS: 1	ITERACIÓN ASIGNADA: 1
PROGRAMADOR RESPONSABLE: Clerk Sulca Quispe	
DESCRIPCIÓN: El usuario (Diseñador) hace clic en el botón accesorios del formulario registro de parámetros. El sistema muestra el formulario “accesorios del transformador”. Con los accesorios eléctricos y mecánicos seleccionados de acuerdo al tipo de funcionamiento y potencia del transformador. Para finalizar con la selección el usuario hace clic en el botón “Guardar”, el sistema verifica la validación de campos y guarda en la base de datos.	
OBSERVACIONES: Ninguna	

Tabla N° 4.8: Historia de Usuario. Seleccionar Accesorios del transformador.

HISTORIA DE USUARIO	
NÚMERO: 7	USUARIO: Diseñador
NOMBRE DE LA HISTORIA: Calcular las pérdidas del transformador	
PRIORIDAD EN NEGOCIO: Alto	RIESGO EN DESARROLLO: Alto
PUNTOS ESTIMADOS: 1	ITERACIÓN ASIGNADA: 1
PROGRAMADOR RESPONSABLE: Clerk Sulca Quispe	
DESCRIPCIÓN: El usuario (Diseñador) hace clic en el botón pérdidas del formulario registro de parámetros. El sistema muestra el formulario “perdidas del transformador”. Con los Cálculos de las pérdidas de bobina y de núcleo, corriente de vacío, impedancia, del transformador de acuerdo a la norma IEC 60076-9. Para finalizar con la con el cálculo el	

HISTORIA DE USUARIO
usuario hace clic en el botón “Guardar”, el sistema verifica la validación de campos y guarda en la base de datos.
OBSERVACIONES: Ninguna

Tabla N° 4.9: Historia de Usuario. Calcular las pérdidas del transformador

HISTORIA DE USUARIO	
NÚMERO: 8	USUARIO: Diseñador
NOMBRE DE LA HISTORIA: Calcular el gradiente y TC del transformador	
PRIORIDAD EN NEGOCIO: Alto	RIESGO EN DESARROLLO: Alto
PUNTOS ESTIMADOS: 1	ITERACIÓN ASIGNADA: 1
PROGRAMADOR RESPONSABLE: Clerk Sulca Quispe	
DESCRIPCIÓN: El usuario (Diseñador) hace clic en el botón gradiente del formulario registro de parámetros. El sistema muestra el formulario “gradiente y transferencia de calor del transformador”. Con los Cálculos del calor disipado en las bobinas, aceite y aleta radiadores. Para finalizar con la con el cálculo el usuario hace clic en el botón “Guardar”, el sistema verifica la validación de campos y guarda en la base de datos.	
OBSERVACIONES: Ninguna	

Tabla N° 4.10: Historia de Usuario. Calcular el gradiente y TC del transformador.

N°	Historia de Usuario	Prioridad	Riesgo	Esfuerzo (en días)	Iteración
1	Iniciar sesión	Alto	Alto	2	1
2	Mantener parámetros de diseño del transformador	Alto	Alto	5	1
3	Calcular bobina del transformador	Alto	Alto	8	1
4	Calcular núcleo del transformador	Alto	Alto	7	1
5	Calcular tanque del transformador	Alto	Alto	6	1
6	Seleccionar accesorios del transformador	Alto	Alto	8	1
7	Calcular las pérdidas del transformador	Alto	Alto	5	1
8	Calcular el gradiente y transferencia de calor del transformador	Alto	Alto	6	1

Tabla N° 4.11: Plan de Revisión

4.2.3 FASE DE ITERACIÓN

Según el procedimiento desarrollado en la tabla 3.4 para el proceso XP, desarrollado según el capítulo II, fase de iteración, obtenemos los siguientes artefactos:

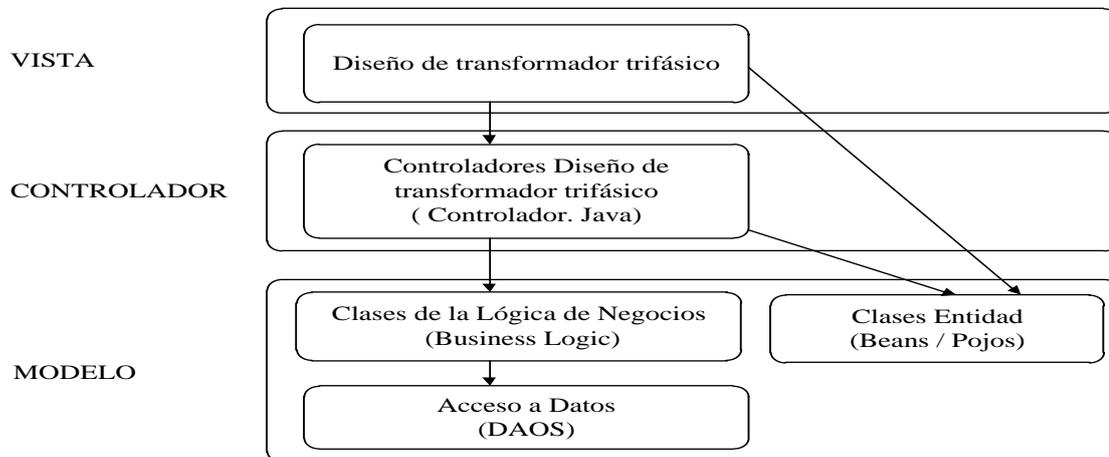


Figura N° 4.3: Arquitectura Técnica.

Tarea de Ingeniería	
Número de tarea de Ingeniería: 1	Número de Historia de Usuario: 1
Nombre de Tarea: Iniciar sesión	
Tipo de Tarea: Desarrollo	Puntos Estimados: 2
Fecha de Inicio: 04/08/2017	Fecha de Fin: 06/08/2017
Programador Responsable: Clerk Sulca Quispe	
Descripción: El Usuario (Diseñador), ejecuta el programa, el sistema muestra el formulario “iniciar sesión”. El usuario ingresa el nombre de usuario y contraseña; selecciona el botón “ingresar”, el sistema muestra el formulario principal, cuando los datos ingresados sean los correctos, en caso contrario el sistema volverá a pedir los datos correctos mostrando los mensajes de error correspondientes.	
OBSERVACIONES: Ninguna	

Tabla N° 4.12: Tarea de Ingeniería. Iniciar sesión.

Tarea de Ingeniería	
Número de tarea de Ingeniería: 2	Número de Historia de Usuario: 2
Nombre de Tarea: Calcular parámetros óptimos del transformador	
Tipo de Tarea: Desarrollo	Puntos Estimados: 1
Fecha de Inicio: 07/08/2017	Fecha de Fin: 09/08/2017

Tarea de Ingeniería	
Programador Responsable: Clerk Sulca Quispe	
Descripción: El Usuario (Diseñador) hace clic en la opción “Registro de parámetros” del menú "Registro", el sistema muestra la interfaz “Registrar parámetros de diseño del transformador”, el Usuario (Diseñador) ingresa el número de generaciones, número de cromosomas (número de transformadores), tasa de mutación de 0.1 a 5 %, y los valores iniciales de los genes (inducción inicial=15000 y densidad inicial= 2.6), luego hace clic en iniciar para calcular los parámetros óptimos, luego carga los parámetros óptimos calculados de inducción y densidad de corriente deseados con el botón aceptar.	
OBSERVACIONES: Ninguna	

Tabla N° 4.13: Tarea de Ingeniería. Calcular parámetros óptimos del transformador

Tarea de Ingeniería	
Número de tarea de Ingeniería: 3	Número de Historia de Usuario: 2
Nombre de Tarea: Registrar parámetros de diseño del transformador	
Tipo de Tarea: Desarrollo	Puntos Estimados: 1
Fecha de Inicio: 10/08/2017	Fecha de Fin: 12/08/2017
Programador Responsable: Clerk Sulca Quispe	
Descripción: El Usuario (Diseñador) hace clic en la opción “Registro de parámetros” del menú "Registro", el sistema muestra la interfaz “Registrar parámetros de diseño del transformador”, el Usuario (Diseñador) ingresa la potencia , voltaje de media y baja tensión, la frecuencia, el grupo de conexión, el núcleo y los parámetros de operación del transformador, la inducción y la densidad de corriente óptimos calculados, el usuario hace clic en el botón “Guardar”, el sistema verifica la validación de campos y guarda en la base de datos.	
OBSERVACIONES: Ninguna	

Tabla N° 4.14: Tarea de Ingeniería. Registrar parámetros de diseño del transformador.

Tarea de Ingeniería	
Número de tarea de Ingeniería: 4	Número de Historia de Usuario: 2
Nombre de Tarea: Modificar parámetros de diseño del transformador	
Tipo de Tarea: Desarrollo	Puntos Estimados: 1
Fecha de Inicio: 13/08/2017	Fecha de Fin: 14/08/2017
Programador Responsable: Clerk Sulca Quispe	

Tarea de Ingeniería	
<p>Descripción: El Usuario (Diseñador) hace clic en la opción "Modificar parámetros" del menú "Registro", el sistema muestra la interfaz "Modificar parámetros de diseño del transformador", el Usuario (Diseñador) ingresa la serie del transformador, luego hace clic en la serie buscada, el sistema busca y carga el formulario modificar parámetros de diseño y carga los datos de potencia, voltaje de media y baja tensión, la frecuencia, el grupo de conexión, el núcleo y los parámetros de operación del transformador, la inducción y la densidad de corriente óptimos calculados, el usuario hace clic en el botón modificar, el sistema habilita los cuadros de texto, el usuario modifica y guarda los datos modificados, luego da clic en "Guardar", el sistema verifica la validación de campos y guarda en la base de datos.</p>	
<p>OBSERVACIONES: Ninguna</p>	

Tabla N° 4.15: Tarea de Ingeniería. Modificar parámetros de diseño del transformador.

Tarea de Ingeniería	
Número de tarea de Ingeniería: 5	Número de Historia de Usuario: 3
Nombre de Tarea: Registrar cálculo de bobina del transformador	
Tipo de Tarea: Desarrollo	Puntos Estimados: 1
Fecha de Inicio: 14/08/2017	Fecha de Fin: 15/08/2017
Programador Responsable: Clerk Sulca Quispe	
<p>Descripción: El Usuario (Diseñador) hace clic en la opción "Registro de parámetros" del menú "Registro", el sistema muestra la interfaz "Registrar parámetros de diseño del transformador", el Usuario (Diseñador) da clic en el botón bobina, el sistema muestra la interfaz bobina con los datos calculados, el diseñador evalúa los datos calculados y hace clic en el botón "Guardar", el sistema verifica la validación de campos y guarda en la base de datos.</p>	
<p>OBSERVACIONES: Ninguna</p>	

Tabla N° 4.16: Tarea de Ingeniería. Registrar cálculo de bobina del transformador

Tarea de Ingeniería	
Número de tarea de Ingeniería: 6	Número de Historia de Usuario: 3
Nombre de Tarea: Reporte conexasión del transformador	
Tipo de Tarea: Desarrollo	Puntos Estimados: 1
Fecha de Inicio: 17/08/2017	Fecha de Fin: 19/08/2017
Programador Responsable: Clerk Sulca Quispe	

Tarea de Ingeniería	
<p>Descripción: El Usuario (Diseñador) hace clic en la opción “Registro de parámetros” del menú "Registro", el sistema muestra la interfaz “Registrar parámetros de diseño del transformador”, el Usuario (Diseñador) da clic en el botón bobina, el sistema muestra la interfaz bobina con los datos calculados, el diseñador evalúa los datos calculados y hace clic en el botón “Guardar”, el sistema verifica la validación de campos y guarda en la base de datos, luego el usuario hace clic en el botón conexionado, el sistema muestra la interfaz reporte conexionado.</p>	
<p>OBSERVACIONES: Ninguna</p>	

Tabla N° 4.17: Tarea de Ingeniería. Reporte conexionado del transformador

Tarea de Ingeniería	
Número de tarea de Ingeniería: 7	Número de Historia de Usuario: 3
Nombre de Tarea: Reporte diseño de bobina del transformador	
Tipo de Tarea: Desarrollo	Puntos Estimados: 1
Fecha de Inicio: 20/08/2017	Fecha de Fin: 22/08/2017
Programador Responsable: Clerk Sulca Quispe	
<p>Descripción: El Usuario (Diseñador) hace clic en la opción “Registro de parámetros” del menú "Registro", el sistema muestra la interfaz “Registrar parámetros de diseño del transformador”, el Usuario (Diseñador) da clic en el botón bobina, el sistema muestra la interfaz bobina con los datos calculados, el diseñador evalúa los datos calculados y hace clic en el botón “Guardar”, el sistema verifica la validación de campos y guarda en la base de datos, luego el usuario hace clic en el botón diseño de bobina, el sistema muestra la interfaz reporte diseño de bobina.</p>	
<p>OBSERVACIONES: Ninguna</p>	

Tabla N° 4.18: Tarea de Ingeniería. Reporte diseño de bobina del transformador

Tarea de Ingeniería	
Número de tarea de Ingeniería: 8	Número de Historia de Usuario: 3
Nombre de Tarea: Reporte cálculo de bobina del transformador	
Tipo de Tarea: Desarrollo	Puntos Estimados: 1
Fecha de Inicio: 24/08/2017	Fecha de Fin: 27/08/2017
Programador Responsable: Clerk Sulca Quispe	
<p>Descripción: El usuario (Diseñador) hace clic en el menú “reporte”, luego selecciona reporte bobina. El sistema muestra el formulario “bobina”, el usuario busca la serie del transformador</p>	

Tarea de Ingeniería	
luego da clic en la tabla buscar, los datos se cargan en el formulario bobina, luego el usuario puede seleccionar los reportes de conexionado o diseño de bobina.	
OBSERVACIONES: Ninguna	

Tabla N° 4.19: Tarea de Ingeniería. Reporte cálculo de bobina del transformador

Tarea de Ingeniería	
Número de tarea de Ingeniería: 9	Número de Historia de Usuario: 4
Nombre de Tarea: Registrar cálculo núcleo del transformador	
Tipo de Tarea: Desarrollo	Puntos Estimados: 1
Fecha de Inicio: 28/08/2017	Fecha de Fin: 29/08/2017
Programador Responsable: Clerk Sulca Quispe	
Descripción: El Usuario (Diseñador) hace clic en la opción “Registro de parámetros” del menú "Registro", el sistema muestra la interfaz “Registrar parámetros de diseño del transformador”, el Usuario (Diseñador) da clic en el botón núcleo, el sistema muestra la interfaz núcleo con los datos calculados, el diseñador evalúa los datos calculados y hace clic en el botón “Guardar”, el sistema verifica la validación de campos y guarda en la base de datos.	
OBSERVACIONES: Ninguna	

Tabla N° 4.20: Tarea de Ingeniería. Registrar cálculo núcleo del transformador

Tarea de Ingeniería	
Número de tarea de Ingeniería: 10	Número de Historia de Usuario: 4
Nombre de Tarea: Reporte yugo central de núcleo del transformador	
Tipo de Tarea: Desarrollo	Puntos Estimados: 1
Fecha de Inicio: 02/09/2017	Fecha de Fin: 04/09/2017
Programador Responsable: Clerk Sulca Quispe	
Descripción: El Usuario (Diseñador) hace clic en la opción “Registro de parámetros” del menú "Registro", el sistema muestra la interfaz “Registrar parámetros de diseño del transformador”, el Usuario (Diseñador) da clic en el botón núcleo, el sistema muestra la interfaz núcleo con los datos calculados, el diseñador evalúa los datos calculados y hace clic en el botón “Guardar”, el sistema verifica la validación de campos y guarda en la base de datos, luego el usuario hace clic en el botón yugo central, el sistema muestra la interfaz reporte yugo central, con el plano dimensionado.	

Tarea de Ingeniería	
OBSERVACIONES: Ninguna	

Tabla N° 4.21: Tarea de Ingeniería. Reporte yugo central de núcleo del transformador

Tarea de Ingeniería	
Número de tarea de Ingeniería: 11	Número de Historia de Usuario: 4
Nombre de Tarea: Reporte yugo lateral de núcleo del transformador	
Tipo de Tarea: Desarrollo	Puntos Estimados: 1
Fecha de Inicio: 05/09/2017	Fecha de Fin: 07/09/2017
Programador Responsable: Clerk Sulca Quispe	
Descripción: El Usuario (Diseñador) hace clic en la opción “Registro de parámetros” del menú "Registro", el sistema muestra la interfaz “Registrar parámetros de diseño del transformador”, el Usuario (Diseñador) da clic en el botón núcleo, el sistema muestra la interfaz núcleo con los datos calculados, el diseñador evalúa los datos calculados y hace clic en el botón “Guardar”, el sistema verifica la validación de campos y guarda en la base de datos, luego el usuario hace clic en el botón yugo lateral, el sistema muestra la interfaz reporte yugo lateral con el plano dimensionado.	
OBSERVACIONES: Ninguna	

Tabla N° 4.22: Tarea de Ingeniería. Reporte yugo lateral de núcleo del transformador

Tarea de Ingeniería	
Número de tarea de Ingeniería: 12	Número de Historia de Usuario: 4
Nombre de Tarea: Reporte sección transversal del transformador	
Tipo de Tarea: Desarrollo	Puntos Estimados: 1
Fecha de Inicio: 07/09/2017	Fecha de Fin: 08/09/2017
Programador Responsable: Clerk Sulca Quispe	
Descripción: El Usuario (Diseñador) hace clic en la opción “Registro de parámetros” del menú "Registro", el sistema muestra la interfaz “Registrar parámetros de diseño del transformador”, el Usuario (Diseñador) da clic en el botón núcleo, el sistema muestra la interfaz núcleo con los datos calculados, el diseñador evalúa los datos calculados y hace clic en el botón “Guardar”, el sistema verifica la validación de campos y guarda en la base de datos, luego el usuario hace clic en el botón sección transversal, el sistema muestra la interfaz reporte sección transversal con el plano dimensionado.	
OBSERVACIONES: Ninguna	

Tabla N° 4.23: Tarea de Ingeniería. Reporte sección transversal del transformador

Tarea de Ingeniería	
Número de tarea de Ingeniería: 13	Número de Historia de Usuario: 4
Nombre de Tarea: Reporte núcleo del transformador	
Tipo de Tarea: Desarrollo	Puntos Estimados: 1
Fecha de Inicio: 09/09/2017	Fecha de Fin: 11/09/2017
Programador Responsable: Clerk Sulca Quispe	
Descripción: El usuario (Diseñador) hace clic en el menú “reporte”, luego selecciona reporte núcleo. El sistema muestra el formulario “núcleo”, el usuario busca la serie del transformador luego da clic en la tabla buscar, los datos se cargan en el formulario núcleo, luego el usuario puede seleccionar los reportes de yugo central, yugo lateral, sección transversal columna	
OBSERVACIONES: Ninguna	

Tabla N° 4.24: Tarea de Ingeniería. Reporte núcleo del transformador

Tarea de Ingeniería	
Número de tarea de Ingeniería: 14	Número de Historia de Usuario: 5
Nombre de Tarea: Registrar cálculo tanque del transformador	
Tipo de Tarea: Desarrollo	Puntos Estimados: 1
Fecha de Inicio: 12/09/2017	Fecha de Fin: 14/09/2017
Programador Responsable: Clerk Sulca Quispe	
Descripción: El Usuario (Diseñador) hace clic en la opción “Registro de parámetros” del menú "Registro", el sistema muestra la interfaz “Registrar parámetros de diseño del transformador”, el Usuario (Diseñador) da clic en el botón tanque, el sistema muestra la interfaz diseño de tanque con los datos calculados, el diseñador evalúa los datos calculados y hace clic en el botón “Guardar”, el sistema verifica la validación de campos y guarda en la base de datos.	
OBSERVACIONES: Ninguna	

Tabla N° 4.25: Tareas de Ingeniería. Registrar cálculo tanque del transformador

Tarea de Ingeniería	
Número de tarea de Ingeniería: 15	Número de Historia de Usuario: 5
Nombre de Tarea: Reporte tanque trafo del transformador	
Tipo de Tarea: Desarrollo	Puntos Estimados: 1
Fecha de Inicio: 16/09/2017	Fecha de Fin: 18/09/2017
Programador Responsable: Clerk Sulca Quispe	

Descripción: El Usuario (Diseñador) hace clic en la opción “Registro de parámetros” del menú "Registro", el sistema muestra la interfaz “Registrar parámetros de diseño del transformador”, el Usuario (Diseñador) da clic en el botón tanque, el sistema muestra la interfaz diseño de tanque con los datos calculados, el diseñador evalúa los datos calculados y hace clic en el botón “Guardar”, el sistema verifica la validación de campos y guarda en la base de datos, luego el usuario hace clic en el botón tanque de trafo, el sistema muestra la interfaz reporte tanque de trafo.
OBSERVACIONES: Ninguna

Tabla N° 4.26: Tarea de Ingeniería. Reporte tanque de trafo del transformador

Tarea de Ingeniería	
Número de tarea de Ingeniería: 16	Número de Historia de Usuario: 5
Nombre de Tarea: Reporte cálculo tanque del transformador	
Tipo de Tarea: Desarrollo	Puntos Estimados: 1
Fecha de Inicio: 19/09/2017	Fecha de Fin: 21/09/2017
Programador Responsable: Clerk Sulca Quispe	
Descripción: El usuario (Diseñador) hace clic en el menú “reporte”, luego selecciona reporte núcleo. El sistema muestra el formulario “núcleo”, el usuario busca la serie del transformador luego da clic en la tabla buscar, los datos se cargan en el formulario tanque, luego el usuario puede seleccionar los reportes de tanque de trafo.	
OBSERVACIONES: Ninguna	

Tabla N° 4.27: Tarea de Ingeniería. Reporte cálculo tanque del transformador

Tarea de Ingeniería	
Número de tarea de Ingeniería: 17	Número de Historia de Usuario: 6
Nombre de Tarea: Registrar accesorios del transformador	
Tipo de Tarea: Desarrollo	Puntos Estimados: 1
Fecha de Inicio: 22/09/2017	Fecha de Fin: 24/09/2017
Programador Responsable: Clerk Sulca Quispe	
Descripción: El Usuario (Diseñador) hace clic en la opción “Registro de parámetros” del menú "Registro", el sistema muestra la interfaz “Registrar parámetros de diseño del transformador”, el Usuario (Diseñador) da clic en el botón accesorios, el sistema muestra la interfaz accesorios con los accesorios seleccionados, el diseñador evalúa los datos seleccionados y hace clic en el botón “Guardar”, el sistema verifica la validación de campos y guarda en la base de datos.	
OBSERVACIONES: Ninguna	

Tabla N° 4.28: Tarea de Ingeniería. Registrar accesorios del transformador

Tarea de Ingeniería	
Número de tarea de Ingeniería: 18	Número de Historia de Usuario: 6
Nombre de Tarea: Reporte accesorios seleccionados del transformador	
Tipo de Tarea: Desarrollo	Puntos Estimados: 1
Fecha de Inicio: 26/09/2017	Fecha de Fin: 28/09/2017
Programador Responsable: Clerk Sulca Quispe	
Descripción: El Usuario (Diseñador) hace clic en la opción “Registro de parámetros” del menú "Registro", el sistema muestra la interfaz “Registrar parámetros de diseño del transformador”, el Usuario (Diseñador) da clic en el botón accesorios, el sistema muestra la interfaz accesorios con los accesorios seleccionados, el diseñador evalúa los datos seleccionados y hace clic en el botón “Guardar”, el sistema verifica la validación de campos y guarda en la base de datos, luego el usuario hace clic en el botón reporte accesorios seleccionados.	
OBSERVACIONES: Ninguna	

Tabla N° 4.29: Tarea de Ingeniería. Reporte accesorios seleccionados del transformador

Tarea de Ingeniería	
Número de tarea de Ingeniería: 19	Número de Historia de Usuario: 6
Nombre de Tarea: Reporte accesorios del transformador	
Tipo de Tarea: Desarrollo	Puntos Estimados: 1
Fecha de Inicio: 28/09/2017	Fecha de Fin: 02/10/2017
Programador Responsable: Clerk Sulca Quispe	
Descripción: El usuario (Diseñador) hace clic en el menú “reporte”, luego selecciona reporte accesorios. El sistema muestra el formulario “accesorios”, el usuario busca la serie del transformador luego da clic en la tabla buscar, los datos se cargan en el formulario accesorios, luego el usuario da clic en reporte de accesorios.	
OBSERVACIONES: Ninguna	

Tabla N° 4.30: Tarea de Ingeniería. Reporte accesorios del transformador

Tarea de Ingeniería	
Número de tarea de Ingeniería: 20	Número de Historia de Usuario: 7
Nombre de Tarea: Registrar cálculo protocolo de diseño del transformador	
Tipo de Tarea: Desarrollo	Puntos Estimados: 1
Fecha de Inicio: 03/10/2017	Fecha de Fin: 05/10/2017
Programador Responsable: Clerk Sulca Quispe	

Descripción: El Usuario (Diseñador) hace clic en la opción “Registro de parámetros” del menú "Registro", el sistema muestra la interfaz “Registrar parámetros de diseño del transformador”, el Usuario (Diseñador) da clic en el botón protocolo, el sistema muestra la interfaz protocolo de diseño calculados, el diseñador evalúa los datos seleccionados y hace clic en el botón “Guardar”, el sistema verifica la validación de campos y guarda en la base de datos.
OBSERVACIONES: Ninguna

Tabla N° 4.31: Registrar cálculo protocolo de diseño del transformador

Tarea de Ingeniería	
Número de tarea de Ingeniería: 21	Número de Historia de Usuario: 7
Nombre de Tarea: Reporte protocolo de diseño del transformador	
Tipo de Tarea: Desarrollo	Puntos Estimados: 1
Fecha de Inicio: 06/10/2017	Fecha de Fin: 08/10/2017
Programador Responsable: Clerk Sulca Quispe	
Descripción: El Usuario (Diseñador) hace clic en la opción “Registro de parámetros” del menú "Registro", el sistema muestra la interfaz “Registrar parámetros de diseño del transformador”, el Usuario (Diseñador) da clic en el botón protocolo, el sistema muestra la interfaz protocolo de diseño con las pérdidas calculados, el diseñador evalúa los datos seleccionados y hace clic en el botón “Guardar”, el sistema verifica la validación de campos y guarda en la base de datos, luego el usuario hace clic en el botón reporte protocolo.	
OBSERVACIONES: Ninguna	

Tabla N° 4.32: Tarea de Ingeniería. Reporte protocolo de diseño del transformador

Tarea de Ingeniería	
Número de tarea de Ingeniería: 22	Número de Historia de Usuario: 7
Nombre de Tarea: Reporte cálculo protocolo del transformador	
Tipo de Tarea: Desarrollo	Puntos Estimados: 1
Fecha de Inicio: 09/10/2017	Fecha de Fin: 10/10/2017
Programador Responsable: Clerk Sulca Quispe	
Descripción: El usuario (Diseñador) hace clic en el menú “reporte”, luego selecciona reporte protocolo. El sistema muestra el formulario “protocolo de diseño”, el usuario busca la serie del transformador luego da clic en la tabla buscar, los datos se cargan en el formulario protocolo, luego el usuario da clic en reporte protocolo	
OBSERVACIONES: Ninguna	

Tabla N° 4.33: Tarea de Ingeniería. Reporte cálculo protocolo del transformador

Tarea de Ingeniería	
Número de tarea de Ingeniería: 23	Número de Historia de Usuario: 8
Nombre de Tarea: Registrar cálculo gradiente y TC del transformador	
Tipo de Tarea: Desarrollo	Puntos Estimados: 1
Fecha de Inicio: 12/10/2017	Fecha de Fin: 14/10/2017
Programador Responsable: Clerk Sulca Quispe	
Descripción: El Usuario (Diseñador) hace clic en la opción “Registro de parámetros” del menú "Registro", el sistema muestra la interfaz “Registrar parámetros de diseño del transformador”, el Usuario (Diseñador) da clic en el botón Gradiente y TC, el sistema muestra la interfaz gradiente y TC calculados, el diseñador evalúa los datos seleccionados y hace clic en el botón “Guardar”, el sistema verifica la validación de campos y guarda en la base de datos.	
OBSERVACIONES: Ninguna	

Tabla N° 4.34: Tarea de Ingeniería Registrar cálculo gradiente y TC del transformador

Tarea de Ingeniería	
Número de tarea de Ingeniería: 24	Número de Historia de Usuario: 8
Nombre de Tarea: Reporte gradiente y TC del transformador	
Tipo de Tarea: Desarrollo	Puntos Estimados: 1
Fecha de Inicio: 16/10/2017	Fecha de Fin: 18/10/2017
Programador Responsable: Clerk Sulca Quispe	
Descripción: El Usuario (Diseñador) hace clic en la opción “Registro de parámetros” del menú "Registro", el sistema muestra la interfaz “Registrar parámetros de diseño del transformador”, el Usuario (Diseñador) da clic en el botón gradiente y TC, el sistema muestra la interfaz gradiente y TC con datos calculados, el diseñador evalúa los datos seleccionados y hace clic en el botón “Guardar”, el sistema verifica la validación de campos y guarda en la base de datos, luego el usuario hace clic en el botón reporte gradiente y TC.	
OBSERVACIONES: Ninguna	

Tabla N° 4.35: Tareas de Ingeniería. Reporte gradiente y TC del transformador

Tarea de Ingeniería	
Número de tarea de Ingeniería: 25	Número de Historia de Usuario: 8
Nombre de Tarea: Reporte cálculo gradiente y TC del transformador	
Tipo de Tarea: Desarrollo	Puntos Estimados: 1
Fecha de Inicio: 20/10/2017	Fecha de Fin: 22/10/2017

Programador Responsable: Clerk Sulca Quispe
Descripción: El usuario (Diseñador) hace clic en el menú “reporte”, luego selecciona reporte gradiente y TC. El sistema muestra el formulario “gradiente y TC”, el usuario busca la serie del transformador luego da clic en la tabla buscar, los datos se cargan en el formulario gradiente y TC, luego el usuario da clic en reporte gradiente y TC
OBSERVACIONES: Ninguna

Tabla N° 4.36: Tarea de Ingeniería. Reporte cálculo gradiente y TC del transformador

4.2.4 PLAN DE ITERACIÓN

N	Historia de Usuario	Tarea de Ingeniería
1	Iniciar sesión	Iniciar sesión
2	Mantener parámetros de diseño del transformador	Calcular parámetros óptimos del transformador
		Registrar parámetros de diseño del transformador
		Modificar parámetros del transformador
3	Calcular bobina del transformador	Registrar cálculo bobina del transformador
		Reporte conexionado del transformador
		Reporte diseño de bobina del transformador
		Reporte calculo bobina del transformador
4	Calcular núcleo del transformador	Registrar cálculo núcleo del transformador
		Reporte yugo central del transformador
		Reporte yugo lateral del transformador
		Reporte sección transversal del transformador
		Reporte cálculo núcleo transformador
5	Calcular tanque del transformador	Registrar cálculo tanque del transformador
		Reporte tanque del transformador
		Reporte cálculo tanque del transformador
6	Seleccionar accesorios del transformador	Registrar accesorios seleccionados del transformador
		Reporte accesorios del transformador
		Reporte accesorios seleccionados del transformador
7	Calcular pérdidas del transformador	Registrar cálculo protocolo de del transformador
		Reporte protocolo de diseño del transformador
		Reporte calculo protocolo del transformador
8		Registrar calculo gradiente y transferencia de calor

N	Historia de Usuario	Tarea de Ingeniería
	Calcular gradiente y transferencia de calor del transformador	Reporte Gradiente y TC del transformador
		Reporte calculo gradiente y TC del transformador

Tabla N° 4.37: Plan de Iteración (Primera).

Historia de Usuario	Tarea de Ingeniería	Fecha de Inicio	Fecha Fin	Programador
2	2	07/08/2017	09/08/2017	Clerk Sulca Quispe
	3	10/08/2017	12/08/2017	
	4	13/08/2017	14/08/2017	
3	5	14/08/2017	15/08/2017	Clerk Sulca Quispe
	6	17/08/2017	19/08/2017	
	7	20/08/2017	22/08/2017	
	8	24/08/2017	27/08/2017	
4	9	28/08/2017	29/08/2017	Clerk Sulca Quispe
	10	02/09/2017	04/09/2017	
	11	04/09/2017	05/09/2017	
	12	07/09/2017	08/09/2017	
	13	09/09/2017	11/09/2017	
5	14	12/09/2017	14/09/2017	Clerk Sulca Quispe
	15	16/09/2017	18/09/2017	
	16	19/09/2017	21/09/2017	
6	17	22/09/2017	24/09/2017	Clerk Sulca Quispe
	18	26/09/2017	28/09/2017	
	19	28/09/2017	02/10/2017	
7	20	03/10/2017	05/10/2017	Clerk Sulca Quispe
	21	06/10/2017	08/10/2017	
	22	09/10/2017	10/10/2017	
8	23	12/10/2017	14/10/2017	Clerk Sulca Quispe
	24	16/10/2017	18/10/2017	
	25	20/10/2017	22/10/2017	

Tabla N° 4.38: Plan de Iteración, clasificados en fechas de desarrollo

N°. H.U	Requisito	N°. C.P	Caso de Prueba (C.P)
2	1. El Usuario (Diseñador) es capaz de registrar los parámetros de diseño del transformador de acuerdo al pedido del cliente.	1	El Sistema valida los atributos en el formulario de registro y muestra mensaje de publicación correcta
	2. El usuario (diseñador) es capaz de actualizar los parámetros de diseño del transformador.	2	El sistema muestra un mensaje de confirmación de actualización de parámetros del transformador
3	El sistema será capaz de dimensionar la bobina de acuerdo a los parámetros de diseño del transformador	3	El Sistema generará los planos de conexionado y de bobinado del transformador con sus datos técnicos calculados.
4	El Sistema será capaz de dimensionar el núcleo magnético del transformador.	4	El Sistema generará los planos de los yugos central y lateral y la sección transversal del núcleo.
5	El Sistema será capaz de dimensionar el tanque del transformador.	5	El Sistema generará el plano del tanque, tapa y aleta radiadores del transformador.
6	El Sistema será capaz de seleccionar los accesorios del transformador.	6	El Sistema seleccionará los accesorios por tipo y potencia del transformador.
7	El Sistema será capaz de calcular las pérdidas del transformador de acuerdo a la norma IEC60076-9	7	El sistema generará el protocolo de diseño del transformador.
8	El sistema será capaz de calcular el gradiente y la transferencia de calor del transformador	8	El Sistema generará el reporte del calor generado en las bobinas y el aceite, así como la transferencia del calor de las aletas radiadores.

Tabla N° 4.39: Casos de Prueba de Aceptación.

4.2.5 INTERFAZ DE USUARIO Y CODIFICACION

Las interfaces se han diseñado considerando estándares de usabilidad, según los objetivos de la investigación no considera su evaluación, los factores para estándares utilizados son;

botones, títulos de páginas y menús, fuentes y colores y tamaños de fuente, etc, que permiten tener interfaces amigables y fáciles de usar

Registrar Parámetros de Cálculo

Parámetros de Cálculo

Serie: 42
Potencia: 1000
Voltaje AT: 22900
Voltaje BT: 460
Frecuencia: 60
Inducción Magnética: 15000
Densidad de Corriente: 2.96
Espesor de Lamina: 0.27
Grupo de Conexión: Dy5

Núcleo
Nº de Escalones: 5
Tipo de Corte: 90
Tipo Núcleo: Anillo

Parámetros de Operación
Altura de Operación: 2000.0
Tipo de Refrigeración: ONAN

Nº de generaciones: 1000
Nº de transformadores: 25
Tasa de mutación: 0.015
Inducción Inicial: 15000
Densidad Inicial: 2.6

N	PerdidaCobre	PerdidaHierro	PerdidaTotal	Inpedancia	CorrienteVacio	Induccion	Densidad	Rango de pe...
1	10.042,357	1.221,059	11.263,416	8,972	0,413	15,000	2,60	112634156...
2	10.042,357	1.221,059	11.263,416	8,972	0,413	15,000,25	2,60	112634156...
3	10.042,357	1.221,059	11.263,416	8,972	0,413	15,000,5	2,60	112634156...
4	10.042,357	1.221,059	11.263,416	8,972	0,413	15,000,75	2,60	112634156...
5	10.038,11	1.221,059	11.259,168	8,968	0,413	15,001	2,60	112591684...
6	10.038,11	1.221,059	11.259,168	8,968	0,413	15,001,25	2,60	112591684...
7	10.038,11	1.221,059	11.259,168	8,968	0,413	15,001,5	2,60	112591684...
8	10.038,11	1.221,059	11.259,168	8,968	0,413	15,001,75	2,60	112591684...
9	10.038,11	1.221,059	11.259,168	8,968	0,413	15,002	2,60	112591684...
10	10.038,11	1.221,059	11.259,168	8,968	0,413	15,002,25	2,60	112591684...
11	10.038,11	1.221,059	11.259,168	8,968	0,413	15,002,5	2,60	112591684...
12	10.038,11	1.221,059	11.259,168	8,968	0,413	15,002,75	2,60	112591684...
13	10.038,11	1.221,059	11.259,168	8,968	0,413	15,003	2,60	112591684...
14	10.038,11	1.221,059	11.259,168	8,968	0,413	15,003,25	2,60	112591684...
15	10.038,11	1.221,059	11.259,168	8,968	0,413	15,003,5	2,60	112591684...
16	10.038,11	1.221,059	11.259,168	8,968	0,413	15,003,75	2,60	112591684...
17	10.038,11	1.221,059	11.259,168	8,968	0,413	15,004	2,60	112591684...
18	10.038,11	1.221,059	11.259,168	8,968	0,413	15,004,25	2,60	112591684...
19	10.038,11	1.221,059	11.259,168	8,968	0,413	15,004,5	2,60	112591684...
20	10.038,11	1.221,059	11.259,168	8,968	0,413	15,004,75	2,60	112591684...
21	10.038,11	1.221,059	11.259,168	8,968	0,413	15,005	2,60	112591684...
22	10.038,11	1.221,059	11.259,168	8,968	0,413	15,005,25	2,60	112591684...

Item: 24001 Inducción Optima 15000.00 Densida Optima 2.96

Figura 4.3: Interfaz. Registro de parámetros de diseño

Bobina

	Alta Tensión	Baja Tensión	Alta Tensión	Baja Tensión
Tipo de Conexión	D	y5		
Tensión de Línea	22900	460		
Tensión de Bobina	22900	265.59		
Corriente	14.56	1255.15		
Densidad de Corriente	3.51	3.51		
Sección	4.92	346.35		
Calibre Conductor	10.00	9.5 x 4.5		
Nº de Espiras	1630	18		
Altura Física Bobina	555	500		
Altura Neta de Bobina	530	493.64		
Altura de Capa	555	500		
Collares	12.5	28		
Espiras por Capa	204	9		
Nº de Capas	8	2		
Espesor de Papel	1.50	0.10		
Diámetro Interno	301.20	226		
Diámetro Externo	367.53	271.20		
Diámetro Medio	334.36	248.60		
Espesor Bobina	33.16	22.60		
Peso de Cobre	190.69	147.67		
Perdidas Cobre	10463.62			
Hawaiano	10	10		
Longitud Media	68244.12	2237.4		
Longitud Total	599073.9	4882		

Guardar Conexionado Diseño de Bobina Salir

Figura N° 4.4: Interfaz Preliminar. Calculo de Bobina

Núcleo

Núcleo de Transformador
 Sección 329.20 mm² Diámetro 216

Columna

Escalón	Ancho	Espesor
2	200	3.01
3	190	1.97
4	170	3
5	140	3

Núcleo

Ancho de Ventana 185 mm
 Altura de Ventana 595 mm
 Distancia entre Columnas 395 mm
 Peso 1001.06 kg
 Inducción 15000.00 wb/m²
 Pérdidas Núcleo 1849.39 w/kg

Corte de Planchas

Dimensiones de Plancha de Escalon Lateral

Escalón	Altura 1	Altura 2	Cantidad	Volumen...	A/MM2
3	805	0.0	76	509.5	389.77
4	805	0.0	114	768.28	587.73
5	805	0.0	114	2582.38	1975.52

Dimensiones de Plancha de Escalón Central

Escalón	Altura 1	Altura 2	Cantidad	Volumen...	A/MM2
3	805	0.0	76	509.5	389.77
4	805	0.0	114	768.28	587.73
5	805	0.0	114	2582.38	1975.52

Dimensiones de Plancha de Yugo

Escalón	Largo	Corto	Cantida...	Cantid...	Volume...	A/MM2
1	580	395	188	188	141.79	108.47
2	590	395	116	116	295.65	226.17
3	600	395	76	76	509.5	389.77
4	620	395	76	76	768.28	587.73
5	650	395	28	14	2582.38	1975.52

Guardar Yugo Central Yugo Lateral Sección Transversal Columna Salir

Figura N° 4.5: Interfaz Preliminar. Calculo de Núcleo

Reporte Tanque

Buscar Trafo

Ingrese Serie

Serie	Potencia	VoltajeAT	VoltajeBT
	421000.0	22900.0	460.0
	421000.0	22900.0	460.0

Buscar

Diseño de Tanque

Dimensiones Internas del Tanque

Ancho 400 mm
 Largo 1100 mm
 Profundidad 1000 mm

Dimensiones de la Brida

Longitud de Brida 1160 mm
 Ancho de Brida 460 mm
 Espesor de Platina 4 mm

Canales U

Distancia entre Canales 540 mm Ancho Canal U 100 mm
 Largo Canal U 580 mm Altura Canal U 40 mm
 Distancia Agujero 620 mm Diámetro Agujero 19 mm

Tapa de la Cuba con Tanque de Expansión

Largo 1160 mm Longitud Pozo Termométrico 200 mm Oreja de Izaje 25 mm
 Ancho 460 mm Diámetro de Pozo Termométrico 19 mm Nº de Orejas de Izaje 2
 Doblez 25 mm Prensa Estopa Conmutador 25 mm Agujero de Orejas de Izaje 60 mm
 Espesor de Plancha 6 mm Distancia de Orejas de Izaje 770 mm

Agujeros de Brida

Nº de Agujeros Frontal 17 Nº de Agujeros 5
 Distancia entre Agujeros Frontal 45 mm Distancia entre Agujeros 45 mm
 Diámetro de Agujero 19 mm Diámetro de Agujero 19 mm

Aislador AT

Nº de agujeros 3
 Distancia entre Agujeros 450 mm
 Diámetro de Agujero 90 mm

Aislador BT

Nº de Agujeros 3
 Distancia entre Agujeros 40 mm
 Diámetro de Agujero 45 mm

Dimensiones de Aletas Radiadores

Altura 100 mm Nº de Aletas Frontales 19
 Largo 900 mm Nº de Aletas Laterales 5
 Distancia entre Aletas 45 mm Espesor de Plancha 2 mm

Dimensiones del Fondo Base

Largo 1140 mm
 Profundidad 150 mm
 Espesor de Plancha 6 mm

Tanque de Expansión

Largo 500 mm
 Diámetro 250 mm
 Espesor de Plancha 2 mm

Tanque de Trafo Salir

Figura N° 4.6: Interfaz Preliminar. Calculo de Tanque

Aislador de 36 kv	<input type="text" value="300"/>	Amp
Aislador de 1 kv	<input type="text" value="3000"/>	Amp
Conmutador de 36 kv	<input type="text" value="100"/>	Amp
Valvula de seguridad	<input type="text" value="2"/>	Pulgadas
Gripo de Vaciado	<input type="text" value="1"/>	Pulgadas
Ruedas orientables	<input type="text" value="4"/>	pulgas
Termometro	<input type="text" value="65"/>	°C
rele bucholz	<input type="text" value="DGTP"/>	Amp

Figura N° 4.7: Interfaz Preliminar. Accesorios

Perdida en Fierro	<input type="text" value="1849.39"/>	Perdidas totales	<input type="text" value="12313"/>
Corriente de Vacio	<input type="text" value="1.08"/>	Máxima eficiencia	<input type="text" value="99.09"/>
Perdida en el Cobre	<input type="text" value="10463.62"/>	Caida de Tension	<input type="text" value="1.15"/>
Impedancia Porcentual	<input type="text" value="4.62"/>	Factor de potencia	<input type="text" value="0.8"/>
Altitud M:S:N:M	<input type="text" value="2000"/>	Carga Porcentual	<input type="text" value="125.00"/>
Tension de diseño	<input type="text" value="24"/>	Tension Aplicada BT	<input type="text" value="2.50"/>
Nivel Basico al impulso	<input type="text" value="150"/>	Tension Aplicada AT	<input type="text" value="54"/>

Figura N° 4.8: Interfaz Preliminar. Protocolo de diseño

Gradiente y TC

Temperatura Max Bobina	65
Temperatura Max Aceite	75
Watts disipados x radiador	32
Canal radial AT - BT	10
Canal radial BT	3
Canal radial AT	5

Reporte

Figura N° 4.9: Interfaz Preliminar. Protocolo de diseño

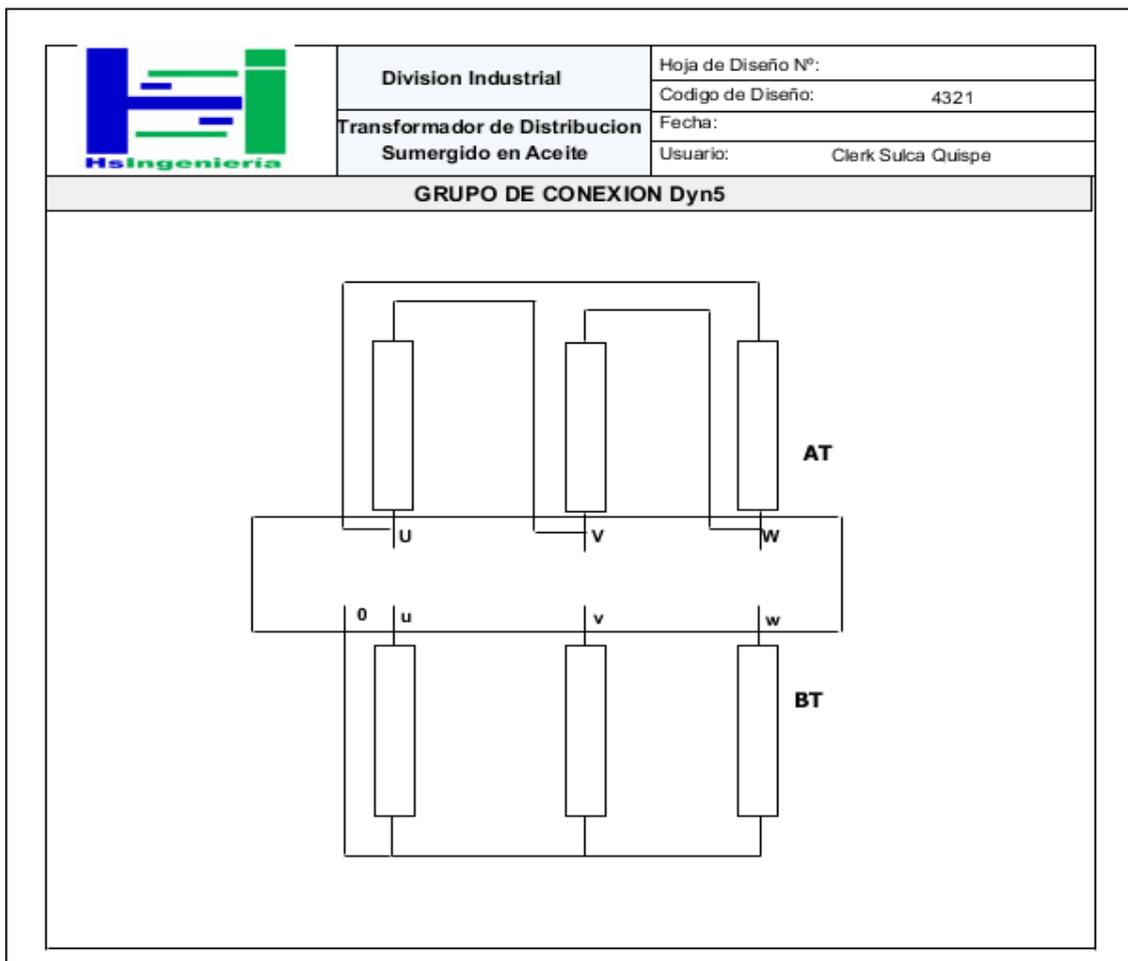
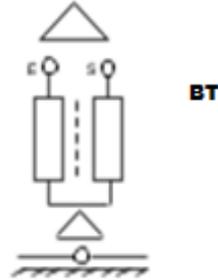
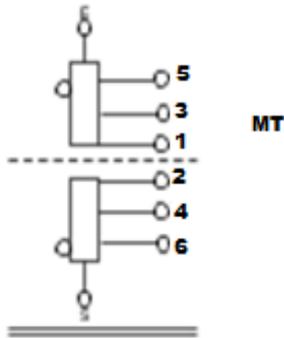


Figura N° 4.10: Reporte Preliminar. Conexión del transformador



División Industrial	Hoja de Diseño N°:
	Código de Diseño: 4321
Transformador de Distribución Sumergido en Aceite	Fecha:
	Usuario: Clark Sulca Qúspe

Diagrama de Bobinado



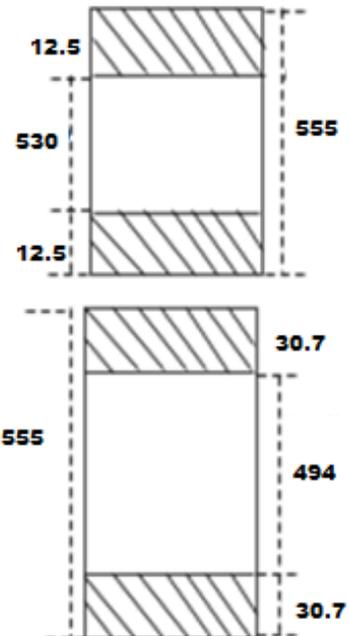
LEYENDA

- 0.10 mm
- 5 mm
- 3 mm
- 4 mm
- 2 mm
- 1.15
- 5 mm

DERIVACIONES

- 1 -> 1630 > 39
- 2 -> 1591 > 39
- 3 -> 1552 > 38
- 4 -> 1514 > 39
- 5 -> 1475

DIMENSIONES DE BOBINA



ESPECIFICACIONES DE BOBINA

	AT	BT		AT	BT
Tipo de conexión	D	yn5	Espiras por capa	204	9
Tensión de línea	24045	460	N° de capas	8	2
Tensión de Bobina	24045	265.58	Esp de papel	0.10	1.50
Corriente	14.56	1255.11	Altura de capa	555	555
Calibre conductor	10	9.5 x 4.5	Diametro externo	367.53	271.20
N° de espiras	1630	18	Esp de bobina	33.16	22.60

Figura N° 4.11: Reporte Preliminar. Diseño de bobina del transformador

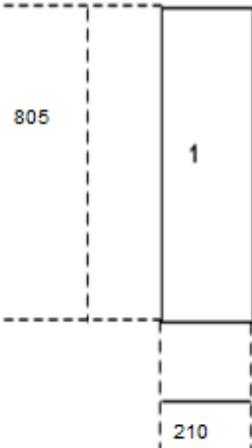
	Division Industrial	Hoja de Diseño N°:		
	Transformador de Distribucion Sumergido en Aceite	Codigo de Diseño:		4321
		Fecha:		26/10/20
		Usuario:		Clerk Sulca Quispe
<p style="text-align: center;">Seccion Transversal de Columna</p> 		Dimension de Columnas		
		Tipo : Escalonado		
		Ancho : 210,200,190,170,140 Largo		
		Sección: 329.2 Espesor de lámina		
		Inducción Magnetica : 17000		
		Dimensiones de Yugo (mm)		
		Tipo : Escalonado		
		Ancho: 210,200,190,170,140		
		Largo : 580,590,600,620,650		
		Sección : 329.2 Espesor de lámina 0.27		
Inducción Magnética : 17000 Gauss				
Numero de Planchas por Escalon				
Escala	Ancho	Espesor	Largo	Cantida
1	210	5	805	188
Ciente : Electrocentro S.A.	DIMENSION GENERAL DE NÚCLEO COLUMNA			CONFIRMACION
	Denominacion :			
	Ing. responsable :	Dibujo CAD :	Revisado :	

Figura N° 4.12: Reporte Preliminar. Sección transversal del transformador

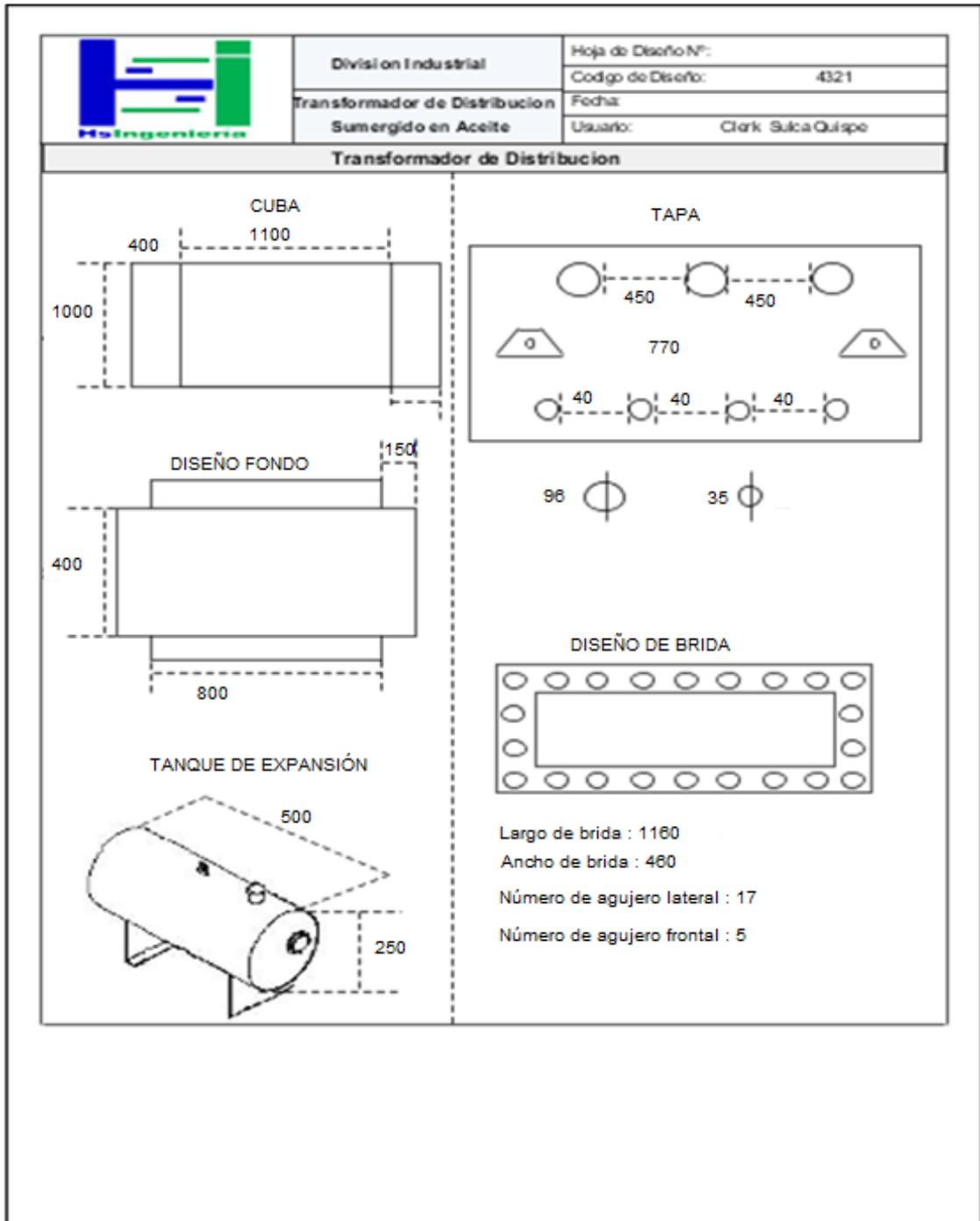


Figura N° 4.13: Reporte Preliminar. Tanque del transformador

4.3. TARJETA CLASE RESPONSABILIDAD Y COLABORACIÓN (CRC)

Para un diseño simple, se procede a definir tarjetas CRC, que permitan identificar las clases, sus responsabilidades y las colaboraciones que realiza para una historia de usuario y las tareas correspondientes.

CLASE: Trafo	
<p>Responsabilidades:</p> <p>Registro de características eléctricas y magnéticas del transformador</p>	<p>Colaboradores:</p> <p>Diseñador Electricista</p> <p>ATRIBUTOS</p> <p>idTrafo</p> <p>idacceso</p> <p>idgrupoconexion</p> <p>idparametros</p> <p>idescala</p> <p>idtipocorte</p> <p>idtiponucleo</p> <p>serie</p> <p>potencia</p> <p>voltajeAT</p> <p>voltajeBT</p> <p>frecuencia</p> <p>densidadcorriente</p> <p>inducciomagnetica</p> <p>fechacalculo</p>

Tabla N° 4.40: Clase trafo

CLASE: Acceso	
<p>Responsabilidades:</p> <p>Autorizar si un usuario es válido.</p>	<p>Colaboradores:</p> <p>Diseñador Electricista</p> <p>Atributos</p> <p>Idacceso</p> <p>idusuario</p> <p>Login</p> <p>password</p>

Tabla N° 4.41: Clase Acceso

CLASE: Usuario	
<p>Responsabilidades:</p> <p>Almacenar los datos de los usuarios</p>	<p>Colaboradores:</p> <p>Diseñador Electricista</p>

CLASE: Usuario	
del sistema.	Atributos Idusuario idespecialidad Nombre Apellidos Dni

Tabla N° 4.42: Clase Usuario

CLASE: Especialidad	
Responsabilidades: Almacenar la especialidad de los usuarios.	Colaboradores: Diseñador Electricista Atributos Idespecialidad descripción

Tabla N° 4.43: Clase Especialidad

CLASE: GrupoConexión	
Responsabilidades: Almacenar los datos por grupo de conexión de las bobinas AT, BT y el desfasaje angular	Colaboradores: Diseñador Electricista Atributos Idgrupoconexion Descripcion conexionAt conexionBT naisladoresAT naisladoresBT

Tabla N° 4.44: Clase GrupoConexion

CLASE: Parámetro	
Responsabilidades: Almacenar los parámetros de operación del transformador.	Colaboradores: Diseñador Electricista Atributos Idparametros Id refrigeración.

CLASE: Parámetro	
	Altitud Factorseguridad

Tabla N° 4.45: Clase Parámetro

CLASE: Refrigeración	
Responsabilidades: Almacenar los datos por tipo de refrigeración del transformador natural o forzado.	Colaboradores: Diseñador Electricista Atributos Idrefrigeración Cogido Descripcion

Tabla N° 4.46: Clase Refrigeración

CLASE: EscalaNucleo	
Responsabilidades: Almacenar los datos por el número de escalas del núcleo magnético del transformador.	Colaboradores: Diseñador Electricista Atributos Idescala Nroescla Factorescala Anchoescala Espesorescala factorgeometrico

Tabla N° 4.47: Clase Escala

CLASE: BobinaEléctrica	
Responsabilidades: Registro de características eléctricas de la bobina del transformador	Colaboradores: Diseñador Electricista ATRIBUTOS Idbobina Idconductorelectrico iddistanciasminimas Tensiondelinea Tensionbobina

	<p>Espesorbobina</p> <p>Alturanetabobina</p> <p>Nroespiras</p> <p>Espirasxcapa</p> <p>Nrodecapas</p> <p>Alturacapa</p> <p>Diametrointerno</p> <p>Diametroexterno</p> <p>Diametromedio</p> <p>Pesocobre</p> <p>Espesorpapel</p> <p>Tipoconexion</p> <p>Sección</p> <p>Alturafisicabobina</p> <p>Perdidascobre</p> <p>Hawaiano</p> <p>Longitudmedia</p> <p>longitudtotal</p>
--	--

Tabla N° 4.48: Clase Bobina

CLASE: Núcleo	
<p>Responsabilidades:</p> <p>Registro de dimensiones del núcleo magnéticas del transformador</p>	<p>Colaboradores:</p> <p>Diseñador Electricista</p> <p>Atributos</p> <p>Idnucleo</p> <p>Anchoventana</p> <p>Alturaventana</p> <p>Diámetro</p> <p>Sección</p> <p>Distanciacolumna</p> <p>Peso</p>

Tabla N° 4.49: Clase Núcleo

CLASE: Tanque	
<p>Responsabilidades:</p> <ul style="list-style-type: none"> Registro de dimensiones mecánicas del transformador 	<p>Colaboradores:</p> <p>Diseñador Electricista</p> <p>Atributos</p> <p>Idcuba</p> <p>Largo</p> <p>Ancho</p> <p>Profundidad</p> <p>Idfondocuba</p> <p>Idaletaradiadores</p> <p>Idbrida</p> <p>Idtanque</p> <p>idtapa</p>

Tabla N° 4.50: Clase Cuba

CLASE: ConductorEléctrico	
<p>Responsabilidades:</p> <p>Registro de características eléctricas del conductor electrolítico de cobre.</p>	<p>Colaboradores:</p> <p>Diseñador Electricista</p> <p>Atributos</p> <p>idcalibreconductor</p> <p>diametroaislado</p> <p>Ohmxkg</p> <p>Grmxm</p> <p>Seccionmm2</p>

Tabla N° 4.51: Clase ConductorEléctrico

CLASE: Accesorio	
<p>Responsabilidades:</p> <p>Registro de características eléctricas, electrónicas y mecánicas del transformador</p>	<p>Colaboradores:</p> <p>Diseñador Electricista</p> <p>Atributos</p> <p>Idaccesorio</p> <p>Descripción</p> <p>Nivelaislamiento</p>

Tabla N° 4.52: Clase Accesorio

CLASE: Protocolo	
<p>Responsabilidades:</p> <p>Registro de pérdidas en cobre, fierro, impedancia y eficiencia del transformador</p>	<p>Colaboradores:</p> <p>Diseñador Electricista</p> <p>Atributos</p> <p>Idprotocolo</p> <p>idtrafo</p> <p>perdida en fierro</p> <p>Corriente de Vacío</p> <p>Pérdida en cobre</p> <p>Impedancia porcentual</p> <p>Altitud msnm</p> <p>Tensión de diseño</p> <p>Nivel básico al impulso</p> <p>Pérdidas totales</p> <p>Máxima eficiencia</p> <p>Caída de tensión</p> <p>Factor de potencia</p> <p>Carga porcentual</p> <p>Tensión aplica AT</p> <p>Tensión aplicada BT</p>

Tabla N° 4.53: Clase Accesorio

CLASE: Gradiente y TC	
<p>Responsabilidades:</p> <p>Registro disipación de calor y los canales radiales del transformador</p>	<p>Colaboradores:</p> <p>Diseñador Electricista</p> <p>Atributos</p> <p>Idaccesorio</p> <p>Idtrafo</p> <p>Temperatura máxima bobina</p> <p>Temperatura máxima aceite</p> <p>Watts disipados por radiador</p> <p>Canal radial AT-BT</p> <p>Canal radial BT</p> <p>Canal AT</p>

Tabla N° 4.54: Clase Accesorio

4.4. IMPLEMENTACIÓN

Según el procedimiento desarrollado en la tabla 3.5, desarrollado según el capítulo II, fase de implementación, obtenemos los siguientes artefactos:

Las tablas 4.50 y 4.51 muestran el código fuente para la clase bobina y núcleo para la prueba con Junit, que probaron con datos reales con resultados satisfactorios.

Tabla N° 4.50 Prueba con Junit clase bobina.java

```
public void testNumeroEspiras() {  
  
    System.out.println("numeroEspiras");  
  
    String grupo = "dy5";  
  
    double vat = 10000;  
  
    double vbt = 380;  
  
    double frecuencia = 60;  
  
    double seccion = 136;  
  
    double induccion = 15000;  
  
    int[] expectedResult = {1840,40};  
  
    int[] result = Bobina1.numeroEspiras(grupo, vat, vbt, frecuencia, seccion, induccion);  
  
    //assertArrayEquals(expResult, result);  
  
    // TODO review the generated test code and remove the default call to fail.  
  
    if(expResult[0] != result[0])  
        fail("ERROR: Numero de espiras");  
  
    if(expResult[1] != result[1])  
        fail("ERROR: Numero de espiras");  
  
}
```

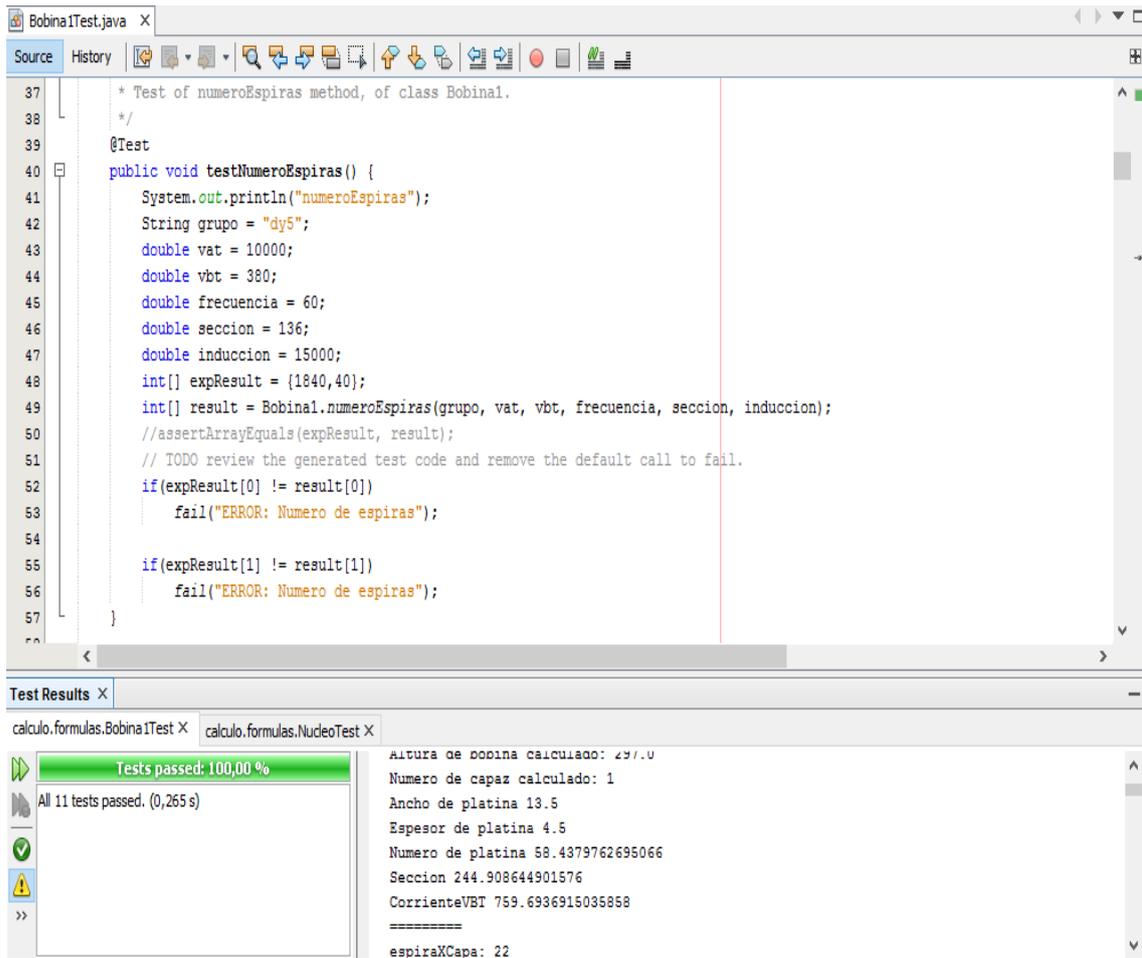


Figura N° 4.13

Tabla N° 4.51 Prueba Junit clase núcleo.java

```

/*
 * To change this license header, choose License Headers in Project Properties.
 * To change this template file, choose Tools | Templates
 * and open the template in the editor.
 */
package calculo.formulas;

import org.junit.After;
import org.junit.AfterClass;
import org.junit.Before;
import org.junit.BeforeClass;
import org.junit.Test;
import static org.junit.Assert.*;

public class NucleoTest {

    public NucleoTest() {
    }

```

```

@BeforeClass
public static void setUpClass() {
}

@AfterClass
public static void tearDownClass() {
}

@Before
public void setUp() {
}

@After
public void tearDown() {
}
/**
 * Test of diametro method, of class Nucleo.
 */
@Test
public void testDiametro() {
    System.out.println("diametro");
    double potencia = 160;
    double expectedResult = 142.26;
    double result = Nucleo.diametro(potencia);

    if(expectedResult != Mathh.redondeo2(result))
        fail("ERROR: Diametro");
}
/**
public void testSeccion() {
    System.out.println("seccion");
    double diametro = 142.26;
    double expectedResult = 138.54;
    double result = Nucleo.seccion(diametro);

    if(expectedResult != Mathh.redondeo2(result))
        fail("ERROR: Seccion");
}

```

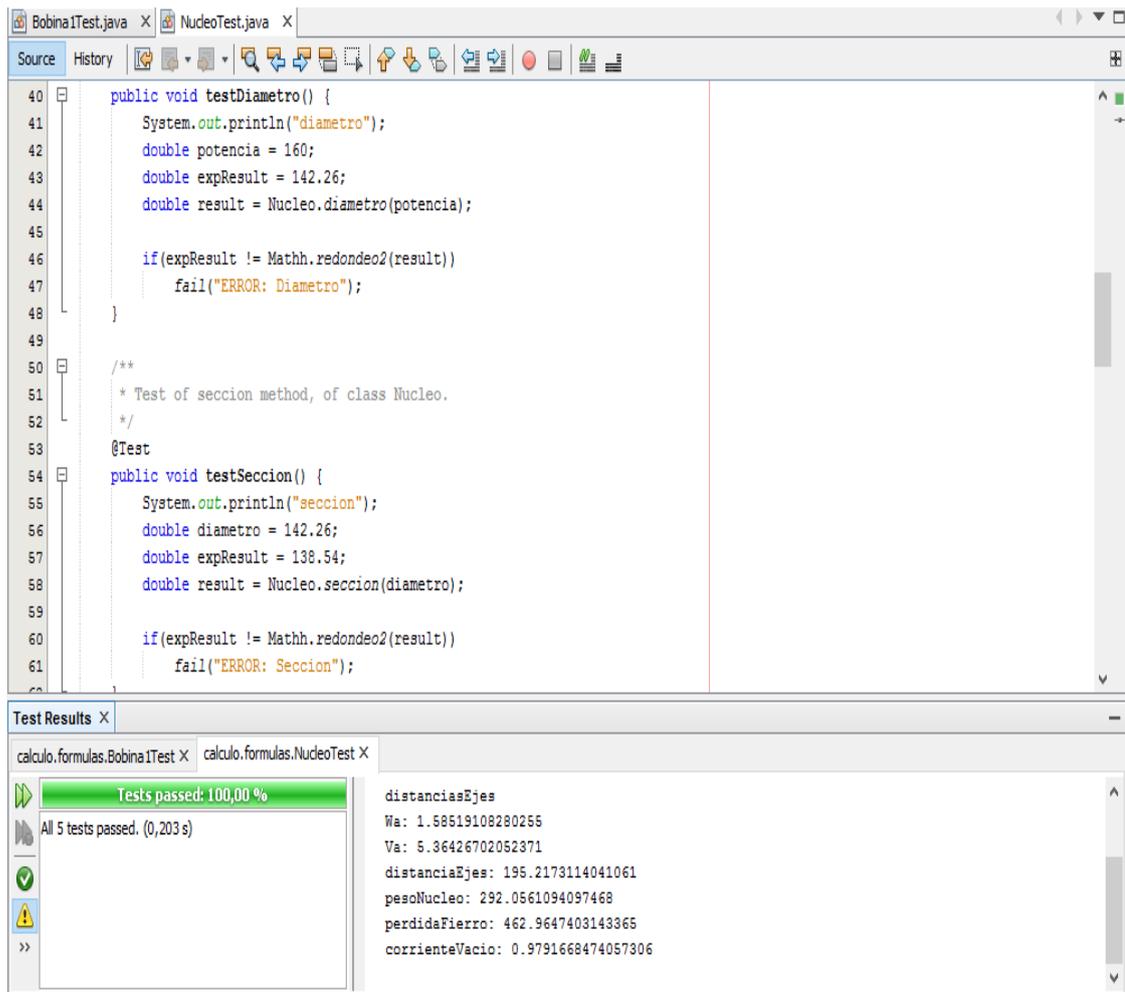


Figura N° 4.14

4.5. CASOS DE PRUEBA Y ACEPTACIÓN

CASO DE PRUEBA DE ACEPTACIÓN	
Código 01	Tarea de Ingeniería: Modificar parámetros de diseño del transformador
Descripción: El Sistema debe permitir modificar los datos técnicos del transformador	
Condiciones de ejecución: El Usuario Interno debe estar bloqueado.	
Entrada/Pasos de Ejecución: El Usuario ingresa la serie del transformador para su búsqueda, el sistema carga los datos del transformador buscado bloqueando los cuadros de texto hasta que el usuario de clic en el botón modificar para modificar los datos requeridos.	
Resultado esperado: El Sistema guarda los datos modificados en la base de datos con el botón guardar	
Evaluación de la Prueba: Se debe mostrar un mensaje de confirmación.	

Tabla N° 4.55: Caso de Prueba. Modificar parámetros de diseño del transformador.

CASO DE PRUEBA DE ACEPTACIÓN	
Código 02	Tarea de Ingeniería: Reporte conexionado del transformador
Descripción: El Sistema debe generar el reporte (planos) del conexionado del transformador.	
Condiciones de ejecución: El Usuario primero debe registrar el cálculo de la bobina.	
Entrada/Pasos de Ejecución: El usuario debe dar clic en el botón conexionado para generar el reporte.	
Resultado esperado: El Sistema muestra el reporte de conexionado de las bobinas del transformador.	
Evaluación de la Prueba: Se debe mostrar un mensaje de confirmación.	

Tabla N° 4.56: Caso de Prueba. Reporte Conexionado del transformador.

CASO DE PRUEBA DE ACEPTACIÓN	
Código 03	Tarea de Ingeniería: Reporte diseño de bobina del transformador
Descripción: El Sistema debe generar el reporte (planos) del diseño de bobina del transformador.	
Condiciones de ejecución: El Usuario primero debe registrar el cálculo de la bobina.	
Entrada/Pasos de Ejecución: El Usuario debe dar clic en botón diseño de bobina.	
Resultado esperado: El Sistema muestra el reporte de diseño de las bobinas del transformador.	
Evaluación de la Prueba: Se debe mostrar un mensaje de confirmación.	

Tabla N° 4.57: Caso de Prueba. Reporte de diseño de bobina del transformador

CASO DE PRUEBA DE ACEPTACIÓN	
Código 04	Tarea de Ingeniería: Reporte Yugo Central del transformador
Descripción: El Sistema debe generar el reporte (planos) de yugo central del transformador.	
Condiciones de ejecución: El Usuario primero debe registrar el cálculo de núcleo de transformador	
Entrada/Pasos de Ejecución: El Usuario debe dar clic en el botón yugo central	
Resultado esperado: El Sistema muestra el reporte de yugo central del transformador.	
Evaluación de la Prueba: Se debe mostrar un mensaje de confirmación.	

Tabla N° 4.58: Caso de Prueba. Reporte yugo central del transformador

CASO DE PRUEBA DE ACEPTACIÓN	
Código 05	Tarea de Ingeniería: Reporte yugo lateral del transformador
Descripción: El Sistema debe generar el reporte (planos) de yugo central del transformador.	
Condiciones de ejecución:	

CASO DE PRUEBA DE ACEPTACIÓN	
El Usuario primero debe registrar el cálculo de núcleo de transformador	
Entrada/Pasos de Ejecución: El Usuario debe dar clic en el botón yugo lateral	
Resultado esperado: El Sistema muestra el reporte de yugo lateral del transformador.	
Evaluación de la Prueba: Se debe mostrar un mensaje de confirmación.	

Tabla N° 4.59: Caso de Prueba. : Reporte Yugo lateral del transformador

CASO DE PRUEBA DE ACEPTACIÓN	
Código 06	Tarea de Ingeniería: Reporte sección transversal del transformador
Descripción: El Sistema debe generar el reporte (planos) de la sección transversal del transformador.	
Condiciones de ejecución: El Usuario primero debe registrar el cálculo de núcleo de transformador	
Entrada/Pasos de Ejecución: El Usuario debe dar clic en el botón sección transversal	
Resultado esperado: El Sistema muestra el reporte de sección transversal del transformador.	
Evaluación de la Prueba: Se debe mostrar un mensaje de confirmación.	

Tabla N° 4.60: Caso de Prueba. : Reporte sección transversal del transformador

CASO DE PRUEBA DE ACEPTACIÓN	
Código 07	Tarea de Ingeniería: Reporte tanque del transformador
Descripción: El Sistema debe generar el reporte (planos) del tanque del transformador.	
Condiciones de ejecución: El Usuario primero debe registrar el cálculo de tanque de transformador	
Entrada/Pasos de Ejecución: El Usuario debe dar clic en el botón tanque para generar el reporte del tanque	
Resultado esperado: El Sistema muestra el reporte de tanque del transformador.	

CASO DE PRUEBA DE ACEPTACIÓN
<p>Evaluación de la Prueba: Se debe mostrar un mensaje de confirmación.</p>

Tabla N° 4.61 Caso de Prueba. Reporte tanque del transformador

CASO DE PRUEBA DE ACEPTACIÓN	
Código 08	Tarea de Ingeniería: Reporte accesorios del transformador
Descripción: El Sistema debe generar el reporte (lista) de accesorios del transformador.	
Condiciones de ejecución: El Usuario primero debe registrar la selección de accesorios del transformador	
Entrada/Pasos de Ejecución: El Usuario debe dar clic en el botón accesorios	
Resultado esperado: El Sistema muestra el reporte de la lista de accesorios y materiales del transformador.	
Evaluación de la Prueba: Se debe mostrar un mensaje de confirmación.	

Tabla N° 4.62: Caso de Prueba. : Reporte accesorios del transformador

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- a) La investigación ha logrado cumplir con el objetivo planteado para calcular y diseñar la parte activa, de un transformador de distribución eléctrica. Se muestran en las tablas N° 4.1 a 4.2, historia de usuario N° 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8,9,10,11,12, Interfaces de las figuras N° 4.3, 4.4, 4.5, 4.9, 4.10 y 4.11 y base de datos Figura N° 4.15, que son desarrollados e implementados de acuerdo al capítulo III, títulos 3.6.1, 3.6.2 y 3.6.3, sustentados en el marco teórico del capítulo II, títulos 2.2.1, 2.2.2.
- b) La investigación ha logrado cumplir con el objetivo planteado para calcular y diseñar la parte Mecánica, de un transformador de distribución eléctrica. Se muestran en las tablas N° 4.1 a 4.2, historia de usuario N° 14 y 16, Interfaces de las figuras N° 4.6 y 4.13 y base de datos Figura N° 4.15, que son desarrollados e implementados de acuerdo al capítulo III, títulos 3.6.1, 3.6.2 y 3.6.3, sustentados en el marco teórico del capítulo II, títulos 2.2.1 y 2.2.3.
- c) La investigación ha logrado cumplir con el objetivo planteado para calcular y diseñar la Térmica, de un transformador de distribución eléctrica. Se muestran en las tablas N° 4.1 a 4.2, historia de usuario N° 23,24 y 25, Interfaces de las figuras N° 4.10 y base de datos Figura N° 4.15, que son desarrollados e implementados de acuerdo al capítulo III, títulos 3.6.1, 3.6.2 y 3.6.3, sustentados en el marco teórico del capítulo II, títulos 2.2.1 y 2.2.4.

5.2. RECOMENDACIONES

- a) Se recomienda usar algoritmos genéticos de optimización asociados a sistemas expertos que puede ser un buen punto de partida para la evolución del diseño de transformadores eléctricos de distribución eléctrica.
- b) Se recomienda analizar el efecto de los pesos de los operadores genéticos y del

orden en el que se aplican, el porcentaje de elitismo y tipo de selección aplicada.

- c) Se recomienda investigar el estándar IEEE, para precisión simple de números reales para la representación de 32 bits, para el manejo de un rango relativamente grande de números reales.

BIBLIOGRAFÍA

1. Acebal, C. F., y Cueva L., J. M. (2001). Extreme Programming: Un nuevo método de desarrollo de software. Recuperado de <http://www.uniovi.es/>.
2. Aguilar S., A. (2002). *Introducción a la programación extrema*. Recuperado de <https://www.unam.mx/>.
3. Allen, P.G.H, and Childs, E.P (1986). “conjugated heat transfor in disc type power transformer winding”, proceeding of the eight international heat transfer conference 6, pp.2977-2982.
4. Bertino, E. y Martino, L. (1995). Sistema de base de datos orientadas a objetos: conceptos y arquitecturas. Estados Unidos de América: Ediciones Díaz de Santos.
5. Beck, K. (2002). Una explicación de la Programación extrema: Aceptar el cambio. España: Addison-Wesley Iberoamericana Espanya.
6. Cancho C., L. (s.f.). Aprende programación extrema en 24 horas. Recuperado de <http://es.tldp.org/Presentaciones/200211hispalinux/ferrer/robles-ferrer-ponencia-hispalinux-2002.pdf>.
7. Calero S., M. (2003). *Una explicación de la programación extrema (XP)*. Recuperado de: <http://www.apolosoftware.com/>.
8. Cortizo P., J. C., Exposito G., D, y Ruiz L., M. (s.f.). *Extreme Programming*. Recuperado de: <http://www.josek.net/publicaciones/xp.pdf>
9. Córdova Z., M. (2009). Estadística Descriptiva e Inferencial: Aplicaciones (5ta ed.) (año de publicación del libro original; 2003). Lima: Moshera S.R.L.
10. Comisión Eléctrica internacional CEI 60076-1, Edition 2.1, 2000-04.
11. Corrales J. (1969). Teoría, cálculo y construcción de transformadores (5ta ed.). Barcelona: Labor.
12. Desongles C., J. (2005). Ayudante técnico de informática de la Junta de Andalucía (2a ed.). España: Editorial Mad.
13. Do Nascimento, k. (2012). Optimización del cálculo de la parte activa de un transformador de distribución trifásica con el uso de algoritmos genéticos para mejorar la eficiencia y el costo. Tesis de magister, Universidad federal do, CEARÁ, Fortaleza- Brasil.

14. Delcrosa (2014) Manual de transformadores trifásicos de distribución eléctrica Rev04, PP1-15.
15. Fitzgerald, A.E., Kingsley, C, y Umans, S. (2006). Electric Machinery (6ta ed.). New York: Mc Graw Hill.
16. Farrel, J. (2011). Object-Oriented Programming Using C++ (4ta ed.). The United States of America: Course Technology.
17. Geromel, L.H (2003). “Aplicación de sistemas inteligentes en diseños de transformadores de potencia”. Tesis de doctorado, Universidad Estadual de Campinas, Sao Paulo – Brasil.
18. Georgilakis, P.S (1998). “*Prediction of iron losses of wound core distribution transformers base don artificial neural network*”, Neurocomputing; Vol.23 n°1-3, PP15-29.
19. Gedelsa, S. (2004). Manual de servicio de transformadores de potencia, pp.1-21. España: MS04-REV001.
20. Grande, E., I., y Abascal F., E. (2013). Fundamentos y técnicas de investigación comercial (11va ed.). Madrid: Gráficas Dehon.
21. Hernández, B. (2000). Técnicas de Estadística e Investigación Social. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos.
22. Holzner, S. (2000). Biblia de Java 2. España: Anaya Multimedia.
23. Kendall, K.E., y Kendall J.E. (2011). Análisis y Diseño de Sistemas (8va ed.). México: Pearson Education.
24. Kefalas, T.D (2008). “*Multiple grade lamination woud core a novel tecniqe for transformer iran loss minimization usin simulated annealing with restarts and anisotropy model*”, IEEE transactions on Magnetics, Vol44, n°6, pp.1082-1085.
25. Kahate, A. (2004). Introduction to Database Management Systems (3th ed.). India: Pearson Education. Bizagi (s.f). **Business Process Modeling Notation**. Recuperado el 14 de junio del 2015, de <http://www.bizagi.com/esp/descargas/BPMNbyExample.pdf>.
26. López, B., C. (2005). Metodología de desarrollo (2): *Programación extrema*. Recuperado de: <http://www.etsit.upm.es/index.php/es/>.
27. Martinez A. (2001). Bases metodológicas para evaluar la viabilidad y el impacto de proyectos de telemedicina. España: OPS.

28. Méndez, J (2014). Diseño de transformador con núcleo tipo columna y bobina circular. Informe profesional, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima- Perú.
29. Medianet singular software (2015). Extreme Programming Introducción. Recuperado de: <http://www.medianetsoftware.com/>.
30. Memije, D (2014). Diseño del núcleo y bobinas para un transformador por medio de un simulador. Tesis de pregrado, Instituto Politécnico Nacional, Mexico, D.F.
31. Mitchell, M (1996). Introduction to Genetic Algorithms, MIT press.
32. Miranda, M (2009). Algoritmos Genéticos: Fundamentos y aplicaciones, Universidad Federal de Rio de Janeiro, Brasil.
33. Montero L., J. M. (2007). Estadística descriptiva. España: Editorial Paraninfo.
34. Nevado C., V. (2010). Introducción a las Bases de Datos Relacionales. Madrid: Vision Libros.
35. Ormazabal V. (2013). Transformadores de distribución, CA-109-ES, PP1-24
36. Peña, R (2003). Diseño e implementación de un sistema de señalización para transformadores de potencia (115/34.5KV). Tesis de grado, Universidad de los Andes, Mérida- Venezuela.
37. Sánchez, F (2009). Diseño de un transformador de 5 MVA, 33/11KV Dyn11. Proyecto fin de carrera, Universidad Carlos III de Madrid, Leganés - España.
38. Sintés A. (2002). Aprendiendo Programación a Objetos en 21 Lecciones avanzadas. México: Pearson Educación.
39. Tello, A (2009). Modelo para el diseño térmico- hidráulico de un transformador de distribución eléctrico. Tesis de doctor, Instituto Politécnico Nacional, Mexico. D.F.
40. Yébenes, F (2009). Gestión de la cargabilidad de transformadores de potencia. Proyecto fin de carrera, Universidad Carlos III de Madrid, Leganés – España.

ANEXOS

ANEXO A: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variables	Dimensiones	Indicadores	Items	Instrumento
V1: Transformador Trifásico	1.1 Parte Activa	Núcleo	¿Cuál es la altura y ancho de ventana del núcleo?	Ficha de Análisis Documental
			¿Cuál es el espesor de núcleo?	Ficha de Análisis Documental
			¿Cuál es la inducción magnética del núcleo?	Ficha de Análisis Documental
		Bobina	Cuál es la densidad de corriente?	Ficha de Análisis Documental
			¿Cuál es el tipo y número de conductores de la bobina?	Ficha de Análisis Documental
			¿Cuál es el tipo de bobinado?	Ficha de Análisis Documental
			¿Cuál es la altura de bobina?	Ficha de Análisis Documental
	Tanque	¿Cuál es el canal radial de la bobina	Ficha de Análisis Documental	
		¿Cuál es el aislamiento sólido de bobina?	Ficha de Análisis Documental	
		1.2 Parte Mecánica	¿Cuál es la altura, ancho y largo del Tanque?	Ficha de Análisis Documental
	¿Cuál es la refrigeración del tanque?		Ficha de Análisis Documental	
	1.3 Parte Térmica	Gradiente de bobinas	¿Cuáles son las estructuras mecánicas del tanque?	Ficha de Análisis Documental
			¿Cuál es la temperatura media del aceite en los bobinados?	Ficha de Análisis Documental
1.4 Accesorios de transformador	Eléctrico, electrónico y mecánico	¿Cuál es el gradiente térmico en los bobinados?	Ficha de Análisis Documental	
		¿Cuáles son los accesorios eléctricos, electrónicos y mecánicos del transformador?	Ficha de Análisis Documental	
V2: Eficiencia	2.1 Pérdidas	Núcleo	¿Cuál es la pérdida de vacío?	Ficha de Análisis Documental
		Bobina	¿Cuál es la pérdida de corto circuito o en carga?	Ficha de Análisis Documental
		Tanque	¿Cuál es la corriente de remolino en las estructuras metálicas?	Ficha de Análisis Documental

Tabla N°4:61 A: Matriz de Operacionalización de Variables.

ANEXO B: FICHA DE ANÁLISIS DOCUMENTAL

FICHA PARA ANÁLISIS DOCUMENTAL	
Nombre de documento	
Fecha	
Descripción de la Información	

Tabla N° B: Plantilla para ficha para análisis documental.