

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA
DE LA EMPRESA TRANSFORMADORES MAXWELL. ESTUDIO DE
MERCADO Y ESTUDIO TECNICO.**

POR:

José Marín Ospina

Oscar Pablo Palacio Velásquez

CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS.

2013

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL MONTAJE Y PUESTA EN MARCHA
DE LA EMPRESA TRANSFORMADORES MAXWELL. ESTUDIO DE
MERCADO Y ESTUDIO TECNICO.**

POR:

José Marín Ospina

Oscar Pablo Palacio Velásquez

Proyecto para optar al título de especialista en Gerencia de Proyectos

ASESOR: Pablo López Tovar

CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS.

2013

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	9
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	10
1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA	10
1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA	11
2. OBJETIVOS.....	12
2.1 OBJETIVO GENERAL	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	13
4. MARCO DE TEÓRICO	15
4.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	15
4.2 BASES TEÓRICAS	16
4.2.1 Porque son importantes los transformadores eléctricos para la vida.	16
4.2.2 Transformador eléctrico.....	16
4.2.7 Clase.	18
4.2.8 NTC 2050 Sección 450.....	18
4.2.9 NTC 3445 (1992) Electrotecnia.....	18
4.2.10 NTC 3654 (2000) Transformadores de potencia tipo seco.	18
4.2.11 Estudio de Factibilidad.....	18
4.2.11.1 Estudio de Mercado.....	18
4.2.11.2 Estudio Técnico.	18
4.2.11.3 Estudio Financiero.....	18
4.2.11.4 Estudio de seguridad y Ambiental.	19
4.3 MARCO CONCEPTUAL.....	19

4.3.1 Antecedentes.	19
4.3.2 Aceite dieléctrico..	20
4.3.3 Prueba físico química.....	21
4.3.4 Prueba cromatografía de gases.....	21
4.3.5 Estudios realizados sobre el riesgo de incendio.	21
4.3.6 Los PCB´s.....	21
5. DISEÑO METODOLÓGICO	22
5.1 ENFOQUE	22
5.2 TIPO DE ESTUDIO (EXPLORATORIO, DESCRIPTIVO).....	22
5.3 METODO DE ESTUDIO (INDUCTIVO O DEDUCTIVO).....	22
5.4 POBLACION Y MUESTRA	22
5.5 VARIABLE O CATEGORIAS DE ANALISIS	23
5.6 TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION Y ANALISIS DE LA INFORMACION (FUENTES PRIMARIA Y SECUNDARIAS)	23
6. RESULTADOS. DISEÑO DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD. ESTUDIO DE MERCADO Y TECNICO	25
6.2 ESTUDIO DE MERCADO.....	25
6.1.1 Portafolio de productos.....	25
6.1.2 Delimitación geográfica a nivel nacional.....	25
6.1.3 Clientes Potenciales.	27
6.1.4 Estudio a la oferta.....	27
6.1.5 Estudio de la demanda.....	28
6.1.5.1 Encuesta análisis de los expertos.....	29
6.1.5.2 Tabla encuesta.	36
6.1.6 Análisis de precios.	38
6.1.7 Comercialización	39
6.1.7.1 Publicidad.....	39

6.1.7.2 Promoción.....	41
6.1.8 Estudio Proveedores.....	41
6.1.9 Estudio sectorial.....	42
6.1.10 Conclusión del estudio de mercado.....	42
6.2 ESTUDIO TECNICO.....	43
6.2.1 Tamaño (presupuesto).....	43
6.2.2 Proceso de producción.....	44
6.2.2.1 Materias primas e insumos que se requieren.....	44
6.2.2.1.1 Papel Nomex 410.....	44
6.2.2.1.2 Dog bone.....	45
6.2.2.1.3 Barniz dieléctrico clase H.....	46
6.2.2.1.4 Peines y cuñas.....	46
6.2.2.1.5 Culatas.....	46
6.2.2.1.6 Alambre y platinas tipo magneto de cobre o aluminio.....	47
6.2.2.1.7 Aisladores de resina epóxica.....	47
6.2.2.1.8 Pintura electrostática en polvo.....	48
6.2.2.1.9 Núcleo.....	48
6.2.2.2 Equipos e instalaciones físicas.....	51
6.2.2.3 Metodología a seguir para la fabricación del transformador seco.....	57
6.2.2.4 Ficha técnica.....	59
6.2.2.5 Flujo grama del servicio de venta.....	60
6.2.3 Distribución de espacios físicos.....	61
6.2.4 Localización.....	61
6.2.4.1 Análisis de macro localización.....	61
6.2.4.1 Análisis de micro localización.....	62
6.2.5 Obras físicas.....	62

6.2.6 Conclusión del estudio Técnico.....	63
CONCLUSIONES.....	64
RECOMENDACIONES.....	65
BIBLIOGRAFIA.....	66

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Portafolio de servicios	25
Tabla 2. Delimitación geográfica de mercadeo	26
Tabla 3 Clientes potenciales	27
Tabla 4. Datos generales de la competencia	28
Tabla 5. Históricos ventas de la competencia	29
Tabla 6. Resultados de encuesta S(seco), A (aceite), Si o No.....	36
Tabla 7. Precios de competencia	38
Tabla 8. Proveedores.....	41
Tabla 9. Presupuesto de fabricación 2014 (mensual)	43
Tabla 10. Presupuesto de fabricación 2014-2018.....	43
Tabla 11. Cantidades materia prima transformador 225 KVA.....	49
Tabla 12. Cantidades materia prima transformador 300 KVA.....	49
Tabla 13. Cantidades materia prima transformador 400 KVA.....	50
Tabla 14. Cantidades materia prima transformador 500 KVA.....	50
Tabla 15. Cantidades materia prima transformador 630 KVA.....	51
Tabla 16. Cantidades materia prima transformador 800 KVA.....	51
Tabla 17. Macro localización.....	61
Tabla 18. Micro localización.....	62
Tabla 19. Obras físicas	62

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Web.....	39
Figura 2. Volante.....	40
Figura 3. Tarjeta de presentación.....	40
Figura 4. Grafica comparativa de producción	44
Figura 5. Papel Nomex.....	45
Figura 6. Dog bone	45
Figura 7. Barniz dieléctrico.....	46
Figura 8. Culata	47
Figura 9. Alambre magneto	47
Figura 10. Aisladores de resina epóxica.....	48
Figura 11. Acero al silicio	48
Figura 12. Planta fisica.....	52
Figura 13. Oficinas.....	52
Figura 14. Máquinas bobinadoras	53
Figura 15. Máquinas de corte	53
Figura 16. Ensamble	54
Figura 17. Soldadura.....	54
Figura 18. Horno de secado	55
Figura 19. Conexionado	55
Figura 20. Laboratorio de pruebas eléctricas	56
Figura 21. Encubado	56
Figura 22. Pintura.....	57
Figura 23. Ficha tecnica	59
Figura 24. Flujo grama de ventas	60
Figura 25. Distribución de espacios físicos.....	61

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de las ciudades, los grandes proyectos de la construcción (residencial, comercial, industrial) el crecimiento tecnológico, la expansión vial, el medio ambiente la entrada en vigencia de reglamentos eléctricos y las normas ambientales, han obligado a los grandes sectores a someterse a cambios fuertes que contribuyan al óptimo desarrollo.

Hasta la entrada en vigencia del RETIE (Reglamento Técnico en Instalaciones Eléctricas) en el año 2007, la construcción en la ciudad de Medellín y en toda Colombia tenía como prioridad la arquitectura y la ingeniería civil, dejando de un lado las instalaciones eléctricas y sus transformadores. Esto trajo grandes problemas a todas las instalaciones como subestaciones eléctricas inadecuadas y peligrosas, conatos de incendios por cortocircuito, accidentes eléctricos, contaminación ambiental por derrames de aceite, pérdidas de energía eléctrica, en fin un sin número de problemas que aún está viviendo esta ciudad debido a que todavía existen muchas edificaciones, construidas sin los lineamientos necesarios que brinden seguridad, confiabilidad y eficiencia.

Los grandes cambios obligatorios que generó el RETIE basados en las buenas prácticas de las instalaciones eléctricas que garantizan la preservación de la vida humana, animal y vegetal, generaron la reestructuración de la construcción en Colombia dando como prioridad las instalaciones eléctricas y exigiendo productos eléctricos de alta calidad. Así pues el presente documento llamado “Estudio de factibilidad para el montaje y puesta en marcha de la empresa Transformadores Maxwell. Estudio de mercado y estudio técnico” quiere dar a conocer las bondades y beneficios que traerá este nuevo producto eléctrico como reducción de gastos por instalación y mantenimiento, seguridad a las personas, control de conatos de incendio, y el gran aporte al medio ambiente.

A través del estudio de mercado se analizarán las posibilidades de comercialización en las principales ciudades de Colombia, así como un análisis de la oferta y la demanda.

Con el estudio técnico se buscan y se analizan las mejores opciones para la localización de la empresa, materia prima y procesos productivos, con el fin de encontrar las variables adecuadas que permitan tomar las decisiones correctas para el desarrollo del proyecto.

Estos estudios permitirán fabricar un producto de alta calidad con un gran impacto y aceptación en el medio.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCION DEL PROBLEMA

Los aceites utilizados en los transformadores una vez entra el equipo a funcionar son sometidos a descargas eléctricas, sobretensiones eléctricas, contaminación por humedad, lo que provoca reacciones químicas en estos. Los procesos de oxidación se producen por actividad de descargas parciales en micro burbujas, las que generan ozono, elemento especialmente activo en los procesos de oxidación y sumamente contaminante al ambiente. El proceso de oxidación se inhibe con aditivos denominados antioxidantes. (1).

Además de contaminantes también son combustibles, producen gases tóxicos, con riesgos de incendio elevados atentando contra la seguridad de las instalaciones físicas y la vida humana. El ejemplo anterior descrito... “los transformadores de potencia son elementos muy fiables y seguros dentro de una red eléctrica de potencia. No obstante, en los transformadores que emplean aislamiento líquido de alta inflamabilidad, como el aceite mineral, el riesgo de incendio es elevado, debido a que contiene una gran cantidad de elementos combustibles que se encuentran en contacto con elementos en tensión. La tasa de incendio en transformador es pequeña, pero algunas encuestas realizadas recientemente sugieren que su número de incendios está creciendo significativamente en la última década, los cuales suelen tener consecuencias económicas muy elevadas.” (2)

Algunos aceites utilizados en los transformadores poseen un compuesto químico llamado Bifelino Ploriclorado (PCB), este compuesto está dentro de la lista de los doce contaminantes más peligrosos del planeta además que está demostrado que provoca cáncer, trastornos en el sistema inmunológico, reproductivo y nervioso en el ser humano y los animales. Resulta oportuno, mencionar: “En el barrio Villa del Carmen de la localidad bonaerense de Del Viso, Partido de Pilar, Argentina, más de 50 personas padecen algún tipo de cáncer. El dato no es casual: todas viven un barrio de apenas 30 cuadras donde se detectaron contaminantes en el suelo y en el agua. Según un informe del Gobierno de la Provincia, debajo de los transformadores de electricidad colocados en el cableado de luz de la zona fue detectada una sustancia altamente tóxica (PCB). La zona donde viven los enfermos y fallecidos de

1 Tomado del sitio web de la universidad de la plata facultad de ingeniería <http://www.ing.unlp.edu.ar/sispot/Libros%202007/libros/cme/vol-03/2apend4/cm-a04d.htm>

2 Martin Suarez, Valentín (2009). Evaluación del riesgo de incendio en un transformador Tomado de <http://e-archivo.uc3m.es> Recuperado de noviembre de 2009, en <http://hdl.handle.net/10016/9061>

cáncer está enmarcada por la avenida Lisandro de la Torre y la ex Ruta 8, y las calles Homero y Santiago Davobe. En ese mismo perímetro, donde se asienta el barrio Villa del Carmen, se extienden los cables de media tensión y hay siete transformadores.”(3)

El costo de la instalación del mantenimiento de un transformador en aceite es excesivo, gastos muy grandes a través de los años. Las obras civiles que se deben realizar para construir un transformador en aceite son aproximadamente el doble de costosas que las obras civiles para una subestación de un transformador seco. Estas subestaciones deben de llevar muros resistentes al fuego por 4 horas, puertas corta fuego, pozos para recoger el aceite en caso de derrames, persianas.

El mantenimiento de un transformador en aceite además de que requiere de tiempos largos de paro.(tiempos muertos sin energía), que generan grandes pérdidas por suspensión en la producción, son costosos y traumáticos. Un transformador requiere análisis del aceite, en ocasiones cambio de aceite, cambio de empaquetaduras, secado en horno de la parte activa (bobinado-núcleo). En proporción un mantenimiento total de un transformador en aceite es alrededor de un 300% más costoso que el mantenimiento de un transformador seco, este dato es sin tener en cuenta las pérdidas por producción de la empresa.

1.2 FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Es factible el diseño y montaje de una empresa de fabricación de transformadores como solución para los problemas de incendios, contaminación ambiental, altos costos y de seguridad que generan los transformadores en aceite?

3 Cáncerígeno: Sigue demorada la limpieza de PCB en Concordia. Tomado de <http://www.diariodelsurdigital.com.ar>. Recuperado el 07 de Noviembre de 2012, en <http://www.diariodelsurdigital.com.ar/CANCERIGENO-Sigue-demorada-la>

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el estudio de factibilidad para la creación de la empresa "Transformadores Maxwell" A través de los estudios de mercado y técnico que determinen la viabilidad de su montaje y puesta en marcha.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Diseñar el estudio de mercado determinando clientes potenciales, demanda, oferta, competencia y comercialización para verificar la viabilidad de la creación de la empresa Transformadores Maxwell.
- Diseñar el estudio de técnico determinando presupuesto, procesos, materias primas, localización, maquinaria y obras físicas para verificar la viabilidad de la creación de la empresa Transformadores Maxwell.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Desde el tema en si se pretende mejorar el producto tradicional para transformar la energía (los transformadores en aceite), con un producto que además de prestar los mismos servicios energéticos, también brinde protección a las personas a los bienes materiales, que sea de fácil mantenimiento bajando costos de operación y además que contribuya con la preservación del medio ambiente. Anteriormente los transformadores en aceite y antes de la salida en vigencia del RETIE las constructoras instalaban los transformadores al interior de edificios, de industrias, de centros comerciales etc. sin cumplir con ninguna especificación técnica tanto eléctrica como constructiva lo que a lo largo del tiempo se transformó en numerosos problemas como incendios, accidentes eléctricos, daños de equipos, derrames de aceite contaminante entre otros aspectos, para controlar estos problemas se empezó a partir del año 2006 a exigir la Norma NTC 2050 y el RETIE como reglamento técnico exigible por los operadores de red y el ministerio de minas antes de brindar los servicios de energía, en caso de que la subestación no cumpla los requisitos no se le permite ser energizada. Estas construcciones son demasiado costosas ya que se exigen cuartos muy amplios para respetar las distancias eléctricas, cuartos construidos en su totalidad con material que soporten el fuego mínimo por tres horas, pisos con fosos para controlar los derrames de aceite de los transformadores, puertas cortafuego de apertura y cierre fácil, cuartos muy grandes con altos requerimientos de seguridad para evitar los problemas anteriormente mencionados.

Otro gran problema surgió después de que se instalaban estas subestaciones y eran los costos por mantenimiento, estos transformadores para conservar su vida útil normal de operación requieren de mínimo dos mantenimientos preventivos al año, revisión de aceite, cambio de aceites, requinte de terminales, reemplazo de porcelanas, pintura, sin contar la cantidad de horas que se debe de suspender la energía para estos mantenimientos, afectando también la economía.

Algunos problemas ambientales son:

- 1 litro de aceite puede llegar a formar una mancha de 4000 metros cuadrados.
- Los compuestos tóxicos causan graves problemas a la naturaleza.
- 1 gota de aceite mineral usado contamina 1000 litros de agua.
- PCB's altos contaminantes y generadores de cáncer

Con los transformadores secos se resuelven todos estos problemas, instalaciones libres de incendios que sean generados por fallas en los transformadores, ya que sus materiales constructivos son autoextinguibles y soportan altas temperaturas. Construcciones sencillas con materiales comunes de construcción, claro respetando las normas y los reglamentos. Mantenimiento mínimo y de corta duración que consiste en limpiar con nitrógeno seco para destaponar las vías de refrigeración por donde circula el aire. El medio ambiente no sufre en caso de daños o fallas pues no habrá derrames de aceite además que se pueden fabricar transformadores del tipo ahorrador minimizando las pérdidas de energía eléctrica reduciendo notablemente las cuentas de servicio.

En la ciudad de Medellín, actualmente hay tres empresas de transformadores (Rymel, Suntec y Maxwell), en Pereira (Magnetron y ABB) y en Bogotá (Siemens, AWA, FyR y Tesla). El mercado está disponible para las tres empresas, ya que la demanda es tan elevada que este debe ser repartido entre las tres. En este mercado no se compite por precio ya que son aproximadamente similares, se compite por calidad y tiempos de entrega.

Este proyecto es de alto impacto social ya que ayuda a mejorar la calidad de las instalaciones eléctricas protegiendo la vida de las personas, animales, plantas entre otros aspectos, minimizando los riesgos por accidentes, las inversiones iniciales y futuras, contribuyendo al medio ambiente, y es un proyecto con una muy buena demanda de clientes ya que el RETIE está obligando a que las nuevas construcciones apunten a estos equipos y que las viejas construcciones de la ciudad cambien los viejos transformadores en aceite.

Desde la articulación en la formación del postgrado con este proyecto se quiere aplicar todo el conocimiento adquirido en la especialización en gerencia de proyectos de cada uno de sus módulos, comenzando por la formulación, y pasando por la investigación, evaluación y ejecución, además aplicando cada uno de los componentes gerenciales vistos durante el proceso de aprendizaje. Con este conocimiento adquirido se lograra articular un proyecto muy completo analizado desde todos los ángulos posibles.

Desde el interés de los proyectistas se pretende en primera instancia aplicar y reforzar los conocimientos adquiridos en la especialización, y como segunda instancia se pretende desarrollar un proyecto tal que se convierta en una oportunidad de empresa, que genere ingresos y oportunidades de empleo.

4. MARCO DE TEÓRICO

A continuación se tendrá un compendio de una serie de elementos conceptuales que nos servirán de bases a la indagación por realizar para el estudio de factibilidad para el montaje y puesta en marcha de la empresa "Transformadores Maxwell S.A.S", enfocados en el estudio de Mercado y Técnico.

4.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

A continuación se mencionaran casos de proyectos de empresas relacionados con los transformadores secos clase H 1.2 V/15 kV.

Transformadores Suntec fundada en 1979 ubicada en la ciudad de Medellín dedicada a la fabricación de pequeños transformadores y que solo hasta 1993 desarrollo líneas de fabricación de transformadores secos tradicionales, fue la primera en Medellín en fabricar esta clase de transformadores, acaparo el mercado de la ciudad y parte del país, en 2010 saca al mercado los transformadores ahorradores con gran acogida en el medio debido a su contribución al medio ambiente. Estos transformadores se basan en una construcción tradicional con devanados en cobre electrolítico de alta conductividad, aislamientos clase H 180 °C no higroscópicos autoextinguibles, núcleo magnético de acero al silicio de grano orientado.

Rymel Ltda fundada en 1977 ubicada en la ciudad de Medellín dedicada a la reparación de transformadores y con el paso del tiempo a la fabricación de transformadores en aceite de distribución, haciendo de estos su producto estrella. Solo hasta el año 2010 saco la línea de transformadores secos, pero no se han posicionado en el mercado como se esperaba debido a que dedican la gran parte de su fabricación y estrategias de ventas a los transformadores en aceite. Estos transformadores se basan en una construcción tradicional con devanados en cobre electrolítico de alta conductividad, aislamientos clase H 180 °C no higroscópicos autoextinguibles, núcleo magnético de acero al silicio de grano orientado.

Magnetron S.A.S empresa creada en los años 60 dedicada a la reparación y fabricación de transformadores ubicada en la ciudad de Pereira, solo hasta hace pocos años atrás abrió la línea de transformadores secos clase H, con un posicionamiento en el mercado regular. Estos transformadores se basan en una construcción tradicional con devanados en cobre electrolítico de alta conductividad, aislamientos clase H 180 °C no higroscópicos autoextinguibles, núcleo magnético de acero al silicio de grano orientado.

Nacional de transformadores Tesla fundada en 1984 dedicada a la reparación de transformadores en general, a partir de 1990 comenzaron con la fabricación de transformadores secos clase H, actualmente este es el producto estrella de la compañía, aunque no fabrican transformadores ahorradores, se diferencian de las otras empresas en uno de sus materiales constructivos, el aluminio para el bobinado de la baja tensión.

4.2 BASES TEÓRICAS

4.2.1 Porque son importantes los transformadores eléctricos para la vida.

Los transformadores son el mejor sistema que permite y facilita el proceso de transmisión y distribución de la energía eléctrica desde el punto de generación hasta el lugar de destino. Sin los transformadores llevar la energía eléctrica al hogar, a la industria, al comercio y a otros lugares sería un proceso muy traumático y casi que imposible para algunos lugares del mundo, esto es debido que al no existir un proceso de transformación de la energía se manejarían corrientes muy elevadas y bajos voltajes lo que implicaría conductores gigantescos, grandes problemas de calidad de la energía. Se podría decir que solo tendría energía el sector que existiera alrededor de las centrales de energía. Así pues “la potencia eléctrica alterna puede ser generada en determinado sitio, se eleva su voltaje para transmitirla a grandes distancias con muy bajas pérdidas y luego se reduce para dejarlo nuevamente en el nivel de utilización final” (4)

Los transformadores se convirtieron en uno de los principales y más importantes equipos eléctricos, que permiten desarrollar las actividades diarias a las personas, a las comunidades, a las industrias, al mundo entero.

4.2.2 Transformador eléctrico. Un transformador es una maquina eléctrica diseñada para modificar el voltaje de un sistema eléctrico sin cambiar la potencia.

“Dispositivo eléctrico estático que consta de un devanado, dos ó más devanados con o sin núcleo magnético para introducir un acoplamiento mutuo entre circuitos eléctricos.” (5)

4 Stephen J. Chapman,(2004). Transformadores. En Emma Ariza H (Ed). Maquinas eléctricas (p.62).Bogotá, Colombia .:McGraw-Hill.

5 NTC 317. Electrotecnia. Transformadores de potencia y distribución. Terminología. (1998)..Bogotá, Colombia .: ICONTEC

“Se denomina transformador a un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia” (6)

4.2.3 Transformador trifásico. Un transformador trifásico es aquel que consta de tres bobinas de baja tensión y alta tensión, cada una dispuesta para cada línea del sistema de distribución. Entonces “Un transformador trifásico es una máquina eléctrica que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico trifásico, manteniendo una relación entre sus fases la cual depende del tipo de conexión de este circuito.”(7)

4.2.4 Transformador en aceite. Un transformador de aceite, es aquel que utiliza aceite mineral o vegetal para refrigerar la parte activa y para aislar las partes eléctricas del tanque. “El aislamiento eléctrico entre los devanados de un transformador viene a ser la capacidad que tiene el transformador de soportar diferencias de tensión altas, sobre todo, altas temperaturas y el dieléctrico viene a ser un refrigerante óptimo para este tipo de trabajo, entre el primario y el secundario. (8)

4.2.5 Transformadores secos. Tienen la misma misión de todos los transformadores aumentar o disminuir la tensión de un sistema eléctrico, pero “El transformador tipo seco es aquel que está construido de tal forma que el aire del ambiente circula a través del gabinete para enfriar y ventilar el embobinado, núcleo y terminales.”(9)

4.2.6 Capacidad (kVA). Es la potencia medida en kilovoltamperios que puede entregar un transformador. “La salida que puede ser entregada por un tiempo especificado a una tensión nominal, en el secundario y a frecuencia nominal, sin exceder las limitaciones de incremento de temperatura especificadas, bajo condiciones prescritas” (10)

6 Tomado de www.wikipedia.org. Recuperado el 17 de mayo del 2013, en <http://es.wikipedia.org/wiki/Transformador>.

7 Tomado de www.monografias.com. Recuperado el 29 de junio de 2012, en <http://www.monografias.com/trabajos93/de-transformadores-trifasicos/de-transformadores-trifasicos.shtml>

8 Tomado de www.buenastareas.com. Recuperado de abril de 2011, en <http://www.buenastareas.com/ensayos/Transformadores-En-Aceite-Dielectrico/1868655.html>

9 Tomado de www.blanket.com.mx. De <http://www.blantek.com.mx/productos/tdrsseco07.pdf>

10 NTC 317. Electrotecnia. Transformadores de potencia y distribución. Terminología. (1998)..Bogotá, Colombia .: ICONTEC

4.2.7 Clase. Hace referencia al tipo de material aislante según el tipo de temperatura que soporta. Para este caso en particular CLASE H quiere decir que el transformador está construido con materiales que soportan 180 °C

4.2.8 NTC 2050 Sección 450. Transformadores y bóvedas para transformadores. Esta sección de la norma hace referencia a las buenas prácticas de instalación de transformadores en aceite y secos.

4.2.9 NTC 3445 (1992) Electrotecnia. Transformadores trifásicos auto refrigerados, tipo seco abierto y encapsulado en resina, corriente sin carga, pérdidas y tensión de cortocircuito. Esta norma establece los parámetros máximos que deben cumplir los transformadores secos en las pruebas de corriente sin carga, pérdidas y tensión de cortocircuito.

4.2.10 NTC 3654 (2000) Transformadores de potencia tipo seco. Esta norma establece los ensayos que se deben realizar, características técnicas y requisitos de información para los transformadores secos.

4.2.11 Estudio de Factibilidad. Análisis comprensivo que sirve para recopilar datos relevantes sobre el desarrollo de un proyecto y en base a ello tomar la mejor decisión y si se procede su estudio, desarrollo o implementación. Este se compone de cuatro estudios (Mercadeo, Técnico, Financiero y el componente de seguridad y ambiental)

4.2.11.1 Estudio de Mercado. Tiene como finalidad determinar si existe o no una demanda que justifique la puesta en marcha de un programa de producción. Algunos de los aspectos que se deben analizar en este estudio de mercado son el consumidor, la tasa de demanda, la competencia, el producto y la comercialización.

4.2.11.2 Estudio Técnico. Información para cuantificar el monto de las inversiones y costo de las operaciones pertinentes en esta área. Algunos de los aspectos que se deben analizar en este estudio técnico son la capacidad de planta y el programa de producción y ventas.

4.2.11.3 Estudio Financiero. Tiene por objeto determinar cuál es el monto de los recursos económicos necesarios para la ejecución del proyecto, y los costos totales de operación del proceso productivo y el monto de los ingresos que se aspira recibir en cada uno de los periodos de vida útil.

4.2.11.4 Estudio de seguridad y Ambiental. Establece las previsiones respecto a la prevención de riesgos de accidentes y enfermedades profesionales, así como identificar, prevenir e interpretar los impactos ambientales que producirá el proyecto en el entorno.

4.3 MARCO CONCEPTUAL

4.3.1 Antecedentes. A partir de la creación del RETIE (Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas) donde el objetivo es preservar la vida humana, animal y vegetal, así como de promover las buenas prácticas eléctricas con el fin de minimizar las fallas por instalación, contando con productos de excelente calidad, se empezó a analizar la posibilidad de implementar los transformadores secos clase H abiertos para las zonas de alta concentración de personas. Todo comienza con el estudio de los problemas que ocasionan los transformadores en aceite, el análisis se dividió en cinco partes así:

Instalación: Para instalar un transformador en aceite se debe de construir un recinto cerrado que contara con muros cortafuego con duración al fuego de mínimo tres horas, puertas cortafuego, persianas con dámper, y un foso para recoger el aceite en caso de derrames. Solo la construcción del recinto para un transformador en aceite triplica en costos la construcción de un recinto para un transformador seco. El cuarto para los transformadores secos es una pieza común y corriente con ladrillos y puertas totalmente normales sin mayores requerimientos.

Mantenimiento: Los transformadores en aceite requieren un minucioso plan de mantenimientos anuales y semestrales preventivos con el fin de garantizar su operación continua y prevenir averías y fallas, dentro de algunas de las actividades semestrales y o anuales para estos equipos son el chequeo fisicoquímico de aceite, cambio de aceite, cambio de empaquetadura, requinte de terminales, cambio de herrajes, cambio de bujes de porcelana, estas actividades requieren alrededor de suspensiones de energía entre 4 a 8 horas dependiendo del tipo de mantenimiento, además de ser un mantenimiento costoso y tedioso esas suspensiones tan prolongadas conllevan a pérdidas de producción en la industria, cierre de centros comerciales, u hogares sin energía. Los transformadores secos requieren un mantenimiento mínimo de máximo media hora y se hace con soplar las bobinas con nitrógeno seco para despejar las vías de refrigeración.

Incendios: Los lugares con alta concentración de personas, deben tener instalaciones eléctricas seguras para minimizar los accidentes por cortocircuito y por incendio, fatales para la vida humana, así como para los activos del lugar por daños. Con los transformadores en aceite se presentaron durante muchos

años en Colombia muchos problemas por incendio, ya que un cortocircuito eléctrico, fallas en el sistema, una sobretensión u otra clase de fenómeno eléctrico, pueden ocasionar daños internos al transformador que pueden desencadenar un conato de incendio consumiendo el lugar y atentando contra la vida de las personas. Los transformadores secos se crearon no solo con el fin de transformar la energía eléctrica, sino que también con el fin de evitar los incendios, se fabrican con materiales autoextinguibles en caso de presentarse un incendio por fallas eléctricas.

Ahorradores: Los transformadores en aceite sobre todo los transformadores instalados aproximadamente desde el año 2000 hasta abajo, presentan excesivas pérdidas de energía que se traducen en daños al medio ambiente por generación de energía que se desperdicia y gastos adicionales por consumo, además de que fueron instalados en lugares que no cumplen con las exigencias de construcción del RETIE provocando grandes daños al medio ambiente en caso de derrames. Los transformadores secos tienen una construcción y fabricación con base a las NTC (Normas Técnicas Colombianas) Con la fabricación de estos transformadores se está contribuyendo un poco a la conservación del medio ambiente y al bolsillo del cliente, ya que al minimizar las pérdidas de energía de los transformadores en su fabricación es menor el consumo de energía y por consiguiente reduce considerablemente las facturas de energía.

4.3.2 Aceite dieléctrico. El aceite usado en los transformadores cumple dos funciones vitales, refrigerar el transformador para mantenerlo a una temperatura de operación adecuada 65°C Máximo, (temperatura que soportan los materiales constructivos sin sufrir deterioro), y como aislamiento protegiendo la parte activa del transformador.

A medida que el transformador va ganando años de operación el aceite comienza a presentar una degradación por utilización, por ingreso de humedad o por pequeñas descargas parciales internas del propio transformador. Cada uno de estos factores afecta distintamente el aceite, se pueden generar gases como etileno, metano, dióxido de carbono, lodos todos causantes de grandes daños al medio ambiente.

Algunos problemas ambientales son:

- 1 litro de aceite puede llegar a formar una mancha de 4000 metros cuadrados.
- Los compuestos tóxicos causan graves problemas a la naturaleza.

- 1 gota de aceite mineral usado contamina 1000 litros de agua.
- PCB's altos contaminantes y generadores de cáncer

En la actualidad se hacen muchos controles al aceite, se realizan pruebas físico químicas, cromatografía de gases y de contenido de PCB's.

4.3.3 Prueba físico química. Con esta prueba se evalúa la rigidez dieléctrica, color, contenido de humedad, índice de calidad y número de neutralización. Con estas pruebas básicamente se evalúa el estado del aceite y la parte activa del transformador, de sus papeles aislantes y sus arrollamientos.

4.3.4 Prueba cromatografía de gases. Con esta prueba se evalúa el contenido de gases que se pueden generar al interior del transformador sacando una muestra de aceite. Al interior del transformador por intermedio del aceite se generan hidrógeno, metano, acetileno, monóxido y dióxido de carbono gases contaminantes, inflamables y explosivos.

De los resultados obtenidos se puede determinar con mucha precisión el estado de aceite y de cada una de las partes internas del transformador.

4.3.5 Estudios realizados sobre el riesgo de incendio. Los transformadores en aceite a pesar de ser construidos de manera de que sean muy seguros, el paso de los años, la mala instalación y el riesgo de usar un aislamiento como el aceite de alta inflamación, hace que el porcentaje de incendio sea muy elevado. Ahora un incendio además de las grandes pérdidas económicas que puede generar el daño más importante e irreversible es que este puede causar la pérdida de vidas humanas.

4.3.6 Los PCB's. Los PCB (bifenilo poloriclorado), clasificado dentro de los doce contaminantes más peligrosos además en contacto con el ser humano provoca cáncer. Este compuesto se encuentra en algunos de los aceites dieléctricos utilizados en los transformadores fabricados hasta 1980 aproximadamente. En la actualidad a pesar de que estos aceites no se utilizan si se encuentran miles de transformadores en funcionamiento por todo el mundo con PCB's

Los PCB's pueden entrar al cuerpo por contacto directo por inhalación. La Organización Mundial de la Salud comprobó que el PCB es cancerígeno, puede provocar daños en la piel y enfermedades en el hígado.

5. DISEÑO METODOLÓGICO

5.1 ENFOQUE

El presente proyecto enmarca su diseño metodológico en el tipo descriptiva, ya que se analizó la oferta, la demanda y los aspectos técnicos que se requieren para la fabricación de los transformadores secos clase H serie 1.2/15kV.

En atención a esta modalidad se desarrollan dos fases, a saber: Estudios de mercado y el estudio técnico.

5.2 TIPO DE ESTUDIO (EXPLORATORIO, DESCRIPTIVO)

Los estudios se basaron en la investigación explorativa ya que se buscaron los hechos mediante el establecimiento de relaciones causa-efecto, también se utilizó el estudio descriptivo ya que fundamentalmente se caracterizaron fenómenos y situaciones concretas.

5.3 METODO DE ESTUDIO (INDUCTIVO O DEDUCTIVO)

El método de estudio utilizado fue deductivo, ya que se parte de datos generales y existentes como en este caso la existencia de los transformadores en aceite y toda su historia de donde se dedujeron por medio del razonamiento lógico varias suposiciones, donde creemos que el transformador seco ahorrador traerá muchos más beneficios que el transformador en aceite, además se utilizó también el método inductivo ya que utilizamos la observación de hechos particulares como el comportamiento de los transformadores en aceite en la sociedad y obtuvimos respuestas concretas para el desarrollo de un producto que supere todas las dificultades halladas. La metodología se basó principalmente en la recopilación de información a través de entrevistas directas plasmadas en encuestas, revisión bibliográfica y de páginas web, entre otras.

5.4 POBLACION Y MUESTRA

Para el estudio de mercado la población que se analizó se encuentra conformada por ingenieros electricistas, ingenieros civiles, ingenieros de mantenimiento industrial, y expertos en el tema de instalaciones eléctricas en general, además de comercializadores eléctricos de Colombia.

Una muestra es una parte representativa de un conjunto cuyas características debe reproducir lo más exactamente posible a la totalidad. Para este caso en especial existen demasiados conocedores del tema y expertos en instalaciones y mantenimiento eléctrico en Colombia por eso se escogieron 10 muestras representativas de expertos (gerentes, ingenieros, asesores comerciales) con diferentes puntos de vista.

5.5 VARIABLE O CATEGORIAS DE ANALISIS

Como variables (MERCADO Y TECNICO) o categorías de análisis se consideraron las siguientes preguntas y se plasmaron en una encuesta.

- ¿Qué tipo de transformador prefiere seco o en aceite?
- ¿Qué transformador es más fácil de instalar seco o en aceite?
- ¿Qué transformador requiere trabajos civiles más complejos?
- ¿Qué transformador considera usted más peligroso? y ¿por qué?
- ¿Considera usted que los transformadores en aceite contaminan el medio ambiente? y ¿por qué?
- ¿Qué transformador requiere más cuidados, revisiones y mantenimientos?
- ¿Estaría usted dispuesto a pagar más por un transformador seco, más costoso que el tradicional pero con la ventaja de que ahorra energía, lo cual se traduce en ahorro de dinero a través del tiempo, además de contribuir con la preservación del medio ambiente, libre de mantenimientos y peligros?

5.6 TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION Y ANALISIS DE LA INFORMACION (FUENTES PRIMARIA Y SECUNDARIAS)

Para la identificación de las ventajas y desventajas de los transformadores secos contra los transformadores en aceite, se construyó una tabla de comparación", también llamado "cuadro comparativo". Apoyándonos en bibliografía, registros y estadísticas. También se hicieron consultas a expertos de empresas del sector eléctrico acerca de sus experiencias con los transformadores. Estas consultas se registraron en un formato (Encuestas), como fuente primaria.

En ese mismo sentido, para plantear acciones de reestructuración y construcción de transformadores secos para la disminución de los problemas de contaminación ambiental, de seguridad y de altos costos por instalación y mantenimiento, se hicieron sondeos y estudios del mercado de los transformadores, estudios de la competencia local y nacional, precios, clientes. Con el fin de empezar a diseñar las estrategias de mercado, sectorizar el producto y clasificar los clientes, como fuentes secundarias se utilizaron normas, libros, consultas web.

Con base en los resultados obtenidos se comenzaran a plantear los posibles prototipos de transformadores secos totalmente reestructurados, y calcular los diseños más adecuados que mejoren todas las desventajas de los transformadores secos, además de encontrar el diseño ideal donde se mejoren costos de instalación, optimice los niveles de seguridad y contribuya a la preservación del medio ambiente. Para estos diseños se contara con un software especializado en transformadores.

6. RESULTADOS. DISEÑO DEL ESTUDIO DE FACTIBILIDAD. ESTUDIO DE MERCADO Y TECNICO

6.2 ESTUDIO DE MERCADO

Con este estudio se pretende mirar y evaluar la viabilidad comercial de los transformadores secos clase H ahorradores.

6.1.1 Portafolio de productos. A continuación se muestran las capacidades ofrecidas en el portafolio de servicios de transformadores secos clase H serie 1.2/15 kV ahorradores.

Tabla 1. Portafolio de servicios

Código	Nombre	Características	Usos
225	Transformador 225 KVA	Clase H 1.2/15kV refrigeración AN. Ahorradores. Equipo auto extinguido no contaminante	Para uso interior. Industrial, residencial, hospitalario y comercial
300	Transformador 300 KVA		
400	Transformador 400 KVA		
500	Transformador 500 KVA		
630	Transformador 630 KVA		
800	Transformador 800 KVA		

Las especificaciones técnicas de cada uno de los equipos se miraran con detalle en el estudio de factibilidad técnico.

6.1.2 Delimitación geográfica a nivel nacional. En la siguiente tabla se muestran las características de las ciudades donde se enfocará la fuerza de ventas.

Tabla 2. Delimitación geográfica de mercado

Colombia/ ciudades	Demografía.	Geografía	Economía	Aspectos Político/legal es	Socio / Culturales	Infraestructura
Medellín	"2.393.011 habitantes aproximadamente. Sin pertenencia étnica 93.4%, Afrocolombianos 6.5%, Indígenas 0.1%"	"Se encuentra en el centro Geográfico del valle del Aburrá, sobre la cordillera central de los andes" "cuenta con un área total de 380.64 km ² " "desciende desde 1800 a 1500 metros de altura sobre el nivel del mar" "clima templado"	"El segundo centro económico más grande de Colombia después de Bogotá" "representa el 8% del PIB Nacional"	Medellín está regido por un sistema democrático A la ciudad la gobierna un alcalde (poder ejecutivo) y un Concejo Municipal (poder legislativo)	" Los principales centros culturales son el Museo de Antioquia y la Plaza botero" "Platos típico la bandeja paisa" "La ciudad desarrolla dos ferias de moda a lo largo del año, siendo la más importante Colombiamoda"	" Excelente infraestructura en salud como el San Vicente de Paul y el Pablo Tobón Uribe" " Cuenta con el Aeropuerto internacional José María Córdoba a 35 km de la ciudad" "al interior de la ciudad cuenta con un sistema masivo de transporte como el Metro, Metroplus y un aeropuerto Olaya Herrera para atender vuelos nacionales"
Cali	" 2.319.684 habitantes aproximadamente. Mestizos y blancos 73.3%, Afrocolombianos 26.2%, Indígenas 0.5%"	"Esta en el valle del río Cauca" " Tiene 35 km de ancho" "clima de sabana tropical"	"Es el tercer centro económico de Colombia" "La ciudad tuvo una participación en el PIB nacional de 5.8%"	Santiago de Cali está regido por un sistema democrático A la ciudad la gobierna un alcalde (poder ejecutivo) y un Concejo Municipal (poder legislativo)	"La actividad cultural de la ciudad ha florecido en torno a centros como el Instituto Departamental de arte y Cultura, el Teatro Municipal, el Museo de Arte Moderno" "Su identidad cultural la salsa"	"Existen 14 hospitales 5 de primer nivel" " La gran mayoría de escuelas y colegios se rigen por el calendario B" "Aeropuerto internacional Alfonso Bonilla Aragón" "En transporte cuenta con el MIO sistema de transporte masivo"
Barranquilla	"1.206.946 habitantes aproximadamente. Raizal, palenquero, negro, mulato, afrodescendiente 13.2 % indígena 0.1% y rom 0.2%"	"La ciudad está localizada en el vértice nororiental del departamento del Atlántico, sobre la orilla occidental del Tiene una extensión de 154 km ² " "clima tropical seco"	"Debido a su importancia en la economía nacional, Barranquilla pasó a la categoría de Distrito Especial, Industrial y Portuario en 1993."	Barranquilla es administrada por el <u>Alcalde Distrital</u> , elegido por cuatro años, quien representa a la <u>rama ejecutiva</u> .	"En la ciudad se desarrolla, durante todo el año, una interesante actividad cultural, cuya muestra más representativa es el <u>Carnaval de Barranquilla</u> , una de las fiestas populares más célebres de Colombia"	"Sistema masivo de transportes Transmetro" "Cuenta con el aeropuerto internacional Ernesto Cortissoz" "Barranquilla cuenta con un importante puerto marítimo y fluvial." "Se cuenta con 4 hospitales "
Bogotá	"7 363 782 habitantes aproximadamente. Blanco y mestizo 98.27%, negro o afrocolombiano 1.5%, Indígena 0.2%, ROM 0.01%, otros 0.02%"	"La ciudad capital está situada en la <u>Sabana de Bogotá</u> , sobre el altiplano cundiboyacense, una llanura de altitud situada en promedio a 2630 Tiene un área total de 1776 km ² " "clima templado de altura"	"Bogotá es el principal centro económico de Colombia" "Participación en el PIB nacional de 23.5%"	El <u>Alcalde Mayor</u> de Bogotá es el jefe de gobierno y de la administración distrital, representando legal, judicial y extrajudicialmente	"Bogotá ha sido llamada "La Atenas Sudamericana", " El Centro de Ferias y Exposiciones de <u>Corferias</u> es sede de eventos de tipo cultural" "En Bogotá es posible encontrar restaurantes de comida típica, internacional y especializada en diferentes lugares de la ciudad" "Dentro de los platos típicos bogotanos se puede destacar el <u>ajiaco</u> santafereño"	"Bogotá cuenta con una red de instituciones prestadoras de servicios en <u>salud</u> adscritas a la Secretaría de Salud Distrita" "Cuenta con un sistema masivo de transportes el Transmilenio" "El <u>Aeropuerto Internacional El Dorado</u> de Bogotá, es el más importante del país, es el 1 de carga en América Latina y 2 en pasajeros".

Fuentes : Medellín(11), Cali(12), Barranquilla(13), Bogotá(14).

11 Tomado de [www.wikipedia.org](http://es.wikipedia.org/wiki/Medell%C3%ADn). Recuperado el 10 de Octubre del 2013, en <http://es.wikipedia.org/wiki/Medell%C3%ADn>

12 Tomado de [www.wikipedia.org](http://es.wikipedia.org/wiki/Cali). Recuperado el 02 de Diciembre del 2013, en <http://es.wikipedia.org/wiki/Cali>

13 Tomado de [www.wikipedia.org](http://es.wikipedia.org/wiki/Barranquilla). Recuperado el 30 de Noviembre del 2013, en <http://es.wikipedia.org/wiki/Barranquilla>

6.1.3 Clientes Potenciales. En la siguiente tabla se clasifican los clientes potenciales, los datos tomados son de las páginas amarillas de cada ciudad para tener una idea de la cantidad de clientes a atacar, la cantidad real de las empresas por ciudad es muy superior pero se tomaran inicialmente esta base para el mercadeo.

Tabla 3 Clientes potenciales

TIPO	DESCRIPCION CUALITATIVA	DESCRIPCION CUANTITATIVA				
		MEDELLIN	CALI	BARRANQUILLA	BOGOTA	TOTAL
PERSONAS JURIDICAS	Empresas Constructoras	400	256	161	571	1388
	Almacenes de suministros eléctricos	248	183	84	368	883
	Operadores de energía	1	1	1	1	4
	Secretaria de Obras publicas	1	1	1	1	4
PERSONAS NATURALES	Inversionistas	50	20	20	100	190
	Propietarios de inmuebles	200	100	50	500	850
	Ingenieros constructores y de -montajes.	200	150	50	400	800
TOTAL DE CLIENTES POTENCIALES						4119

Fuentes: (15), (16).

6.1.4 Estudio a la oferta. En la siguiente tabla se muestran los cuatro competidores más fuertes que tiene actualmente en el mercado de los transformadores en Colombia.

14 Tomado de www.wikipedia.org. Recuperado el 28 de Noviembre del 2013, en <http://es.wikipedia.org/wiki/Bogot%C3%A1>

15 Tomado de <http://www.paginasamarillas.com.co>, Recuperado el 03 de Diciembre del 2013, <http://www.paginasamarillas.com.co/busqueda/constructores>

16 Tomado de <http://www.paginasamarillas.com.co>. Recuperado el 02 de Diciembre del 2013, <http://www.paginasamarillas.com.co/busqueda/suministros+electricos>

Tabla 4. Datos generales de la competencia

NOMBRE	SERVICIOS Y/O PRODUCTOS	DATOS GENERALES	DEBILIDADES Y/O FORTALEZAS
SUNTEC	Transformadores en aceite Transformadores secos clase H Transformadores en resina	www.suntec.com.co Carrera 47 G#78Dsur-147 Sabaneta (Ant) PBX: 4449277	Transformadores de muy buena calidad pero precios muy elevados, es la competencia más directa en la ciudad de Medellín.
AWA INGENIERIA LTDA.	Transformadores en aceite Transformadores secos clase H Cajas de maniobra Mantenimiento de transformadores	www.awaingenierialtda.com Carrera 42 #20C-38 Bogotá D.C (Cund) PBX: 3690009	Buen servicio post venta, El mercado fuerte de ellos es local, no tienen buena fuerza de ventas en las otras ciudades de Colombia.
NACIONAL DE TRANSFORMADORES TESLA	Transformadores de frecuencia variable Transformador para rectificadores Transformadores en aceite Transformadores en resina Transformadores secos clase H	www.tesla.com.co Bodega 5- Parque industrial Montana, Mosquera (Cund) PBX 8932308	Producto de buena calidad, tiempos de entrega muy largos 45 días.
RYMEL	Transformadores en aceite Transformadores secos clase H Cajas de maniobra Transformadores de corriente Transformadores de protección y tensión	www.rymel.com.co Autopista Norte paraje el noral 900 metros después de Copacabana (Ant). PBX 4440430	Producto de buena calidad, el servicio post venta no están bueno en transformadores secos, la fortaleza de esta empresa son los transformadores en aceite.

6.1.5 Estudio de la demanda. En la siguiente tabla se puede apreciar la demanda de transformadores de la competencia en datos históricos desde el 2006 al 2012. No se lograron conseguir datos históricos de Nacional de Transformadores.

Tabla 5. Históricos ventas de la competencia

Año/ empresa	AWA INGENIERIA Ventas \$ (pesos)	SUNTEC Ventas \$ (pesos)	RYMEL Ventas \$ (pesos)
2006	3,902,600,000	16,139,100,000	24,963,700,000
2007	5,277,100,000	22,221,800,000	38,603,400,000
2008	6,134,400,000	28,332,400,000	48,731,000,000
2009	5,860,300,000	24,513,100,000	44,635,500,000
2010	4,958,800,000	29,097,900,000	39,900,200,000
2011	5,800,800,000	31,782,300,000	41,170,700,000
2012	4,514,900,000	36,615,600,000	41,239,400,000

Fuente: Rymel(17), Suntec(18), AWA(19)

6.1.5.1 Encuesta análisis de los expertos. A continuación se muestran las respuestas obtenidas por 10 expertos, en las áreas de mantenimiento industrial, constructoras, ingenieros electricistas y vendedores de almacenes eléctricos.

- **¿Qué tipo de transformador prefiere seco o en aceite?**

- 1- “Indiscutiblemente el transformador seco tiene muchas más ventajas que el transformador en aceite, a pesar de que es más costoso el equipo, esto se compensa con los costos de instalación y los beneficios a largo plazo” (20)
- 2- “El mantenimiento de los transformadores en aceite después de su instalación es, muy engorroso, costoso y delicado, además de los cuidados medioambientales que se deben considerar actualmente”(21)

17 Tomado de www.grupogia.com. Recuperado el 03 de Diciembre del 2013, en <http://www.grupogia.com/fundamentales/890919437>

18 Tomado de www.grupogia.com. Recuperado el 03 de Diciembre del 2013, en <http://www.grupogia.com/fundamentales/890922263>

19 Tomado de www.grupogia.com. Recuperado el 03 de Diciembre del 2013, en <http://www.grupogia.com/fundamentales/832000933>

20 Experto 1, comunicación personal, 14 de agosto 2013

21 Experto 2, comunicación personal, 16 de agosto 2013

- 3- “El espacio y la seguridad que brinda un transformador seco, son factores que prevalecen sobre un transformador en aceite”(22)
- 4- “Prefiero el transformador en aceite, es más económico”(23)
- 5- “ Transformador seco más fácil de instalar pero solo a partir de 225 KVA, para capacidades menores es mejor el transformador en aceite por qué se puede instalar en poste”(24)
- 6- “ Para los proyectos rurales que manejamos nosotros solo trabajamos con transformadores en aceite”(25)
- 7- “ Nosotros como compradores industriales preferimos el transformador seco por el ahorro en mantenimiento”(26)
- 8- “ Hasta 150 KVA es mejor en aceite por su económica instalación, a partir de 225 kVA es mejor seco”(27)
- 9- “ Por cuestiones de seguridad, costos y protección al ambiente es mejor el seco”(28)
- 10- “Los transformadores en aceite son máquinas que con el tiempo requieren de mantenimientos costosos mientras los secos no. Por eso prefiero los secos”(29)

- **¿Qué transformador es más fácil de instalar seco o en aceite?**

- 1- “Seco”(30)
- 2- “Seco”(31)
- 3- “Seco”(32)
- 4- “Aceite”(33)
- 5- “Seco”(34)

22 Experto 3, comunicación personal, 20 de agosto 2013
 23 Experto 4, comunicación personal, 02 de diciembre 2013
 24 Experto 5, comunicación personal, 02 de diciembre 2013
 25 Experto 6, comunicación personal, 02 de diciembre 2013
 26 Experto 7, comunicación personal, 02 de diciembre 2013
 27 Experto 8, comunicación personal, 02 de diciembre 2013
 28 Experto 9, comunicación personal, 02 de diciembre 2013
 29 Experto 10, comunicación personal, 02 de diciembre 2013
 30 Experto 1, comunicación personal, 14 de agosto 2013
 31 Experto 2, comunicación personal, 16 de agosto 2013
 32 Experto 3, comunicación personal, 20 de agosto 2013
 33 Experto 4, comunicación personal, 02 de diciembre 2013

- 6- “Seco”(35)
- 7- “Seco”(36)
- 8- “Aceite hasta 150 KVA”(37)
- 9- “Seco”(38)
- 10-“Seco”(39)

- **¿Qué transformador requiere trabajos civiles más complejos?**

- 1- “Una subestación para un transformador en aceite requiere, foso para derrames de aceite, muros especiales para el fuego, puertas cortafuegos, son trabajos más largos, más costosos y delicados.”(40)
- 2- “ Las subestaciones para transformadores en aceite son obras civiles que requieren mucho tiempo de construcción, y los costos en comparación con los cuartos para los transformadores secos son muy elevados”(41)
- 3- “Los transformadores secos requieren cuartos o subestaciones sencillas y económicas sin mayores dificultades civiles.”(42)
- 4- “Los transformadores en aceite”(43)
- 5- “ En aceite hasta 150 KVA son más económicas y sencillas ”(44)
- 6- “ Los transformadores en aceite”(45)
- 7- “ Los transformadores en aceite requieren muchos cuidados estructurales, por lo tanto son más costosas las obras civiles”(46)

34 Experto 6, comunicación personal, 02 de diciembre 2013
 35 Experto 7, comunicación personal, 02 de diciembre 2013
 36 Experto 8, comunicación personal, 02 de diciembre 2013
 37 Experto 8, comunicación personal, 02 de diciembre 2013
 38 Experto 9, comunicación personal, 02 de diciembre 2013
 39 Experto 10, comunicación personal, 02 de diciembre 2013
 40 Experto 1, comunicación personal, 14 de agosto 2013
 41 Experto 2, comunicación personal, 16 de agosto 2013
 42 Experto 3, comunicación personal, 20 de agosto 2013
 43 Experto 4, comunicación personal, 02 de diciembre 2013
 44 Experto 5, comunicación personal, 02 de diciembre 2013
 45 Experto 6, comunicación personal, 02 de diciembre 2013
 46 Experto 7, comunicación personal, 02 de diciembre 2013

8- “Los transformadores en aceite requieren obras civiles más costosas pero solo a partir de 225 KVA. porque de 15 KVA a 150 KVA se pueden instalar en poste que es mucho más económico”(47)

9- “ Los transformadores en aceite”(48)

10- “ En general los transformadores en aceite”(49)

• **¿Qué transformador considera usted más peligroso? y ¿por qué?**

1- “ El transformador en aceite, a lo largo de los años se ha demostrado que el transformador en aceite es muy peligroso, contaminante, y generador de incendios”(50)

2- “Son incontables los peligros ocasionados por los transformadores en aceite, ambientales, de salud, económicos”.(51)

3- “ El único riesgo de un transformador seco, es el riesgo eléctrico, mientras que el transformador en aceite requiere de muchos cuidados y prevenciones”(52)

4- “ El transformador en aceite debido a su alta inflamabilidad en caso de daño”(53)

5- “ Los transformadores en aceite son más peligrosos, por contaminantes y por qué pueden generar conatos de incendio”(54)

6- “ Los transformadores en aceite son más peligrosos porque son inflamables, pero si se instalan cumpliendo las normas no tienen problema”(55)

7- “ Los transformadores en aceite, se debe tener cuidado en caso de derrames de aceite”(56)

8- “ Los transformadores en aceite, porque en caso de falla pueden provocar incendios”(57)

47 Experto 8, comunicación personal, 02 de diciembre 2013

48 Experto 9, comunicación personal, 02 de diciembre 2013

49 Experto 10, comunicación personal, 02 de diciembre 2013

50 Experto 1, comunicación personal, 14 de agosto 2013

51 Experto 2, comunicación personal, 16 de agosto 2013

52 Experto 3, comunicación personal, 20 de agosto 2013

53 Experto 4, comunicación personal, 02 de diciembre 2013

54 Experto 5, comunicación personal, 02 de diciembre 2013

55 Experto 6, comunicación personal, 02 de diciembre 2013

56 Experto 7, comunicación personal, 02 de diciembre 2013

57 Experto 8, comunicación personal, 02 de diciembre 2013

- 9- “ Los transformadores en aceite, por el riesgo de incendio y derrames”(58)
- 10-“ Los transformadores en aceite porque son propensos a generar incendios que pueden causar daños materiales y humanos”(59)
- **¿Considera usted que los transformadores en aceite contaminan el medio ambiente? y ¿por qué?**
 - 1- “ Si total, está demostrado que una gota de aceite contamina muchos metros cúbicos de agua y deja la tierra estéril”(60)
 - 2- “El aceite utilizado es demasiado contaminante, es inflamable y podría llegar a ser perjudicial para la salud”.(61)
 - 3- “Si los aceites utilizados en la actualidad generan gases tóxicos, etano, dióxido de carbono, metano etc... además de que una falla puede generar derrames que contaminan la tierra y el agua”(62)
 - 4- “ Si, por los derrames de aceite”(63)
 - 5- “ Si tengo entendido que el aceite contamina el medio ambiente”(64)
 - 6- “Si por el aceite y los vapores que genera”(65)
 - 7- “Si se producen derrames de aceite si”(66)
 - 8- “ Si por que el aceite contamina el agua y el medio ambiente”(67)
 - 9- “ Si por el aceite”(68)
 - 10- “Si el aceite es un gran contaminante“(69)

58 Experto 9, comunicación personal, 02 de diciembre 2013

59 Experto 10, comunicación personal, 02 de diciembre 2013

60 Experto 1, comunicación personal, 14 de agosto 2013

61 Experto 2, comunicación personal, 16 de agosto 2013

62 Experto 3, comunicación personal, 20 de agosto 2013

63 Experto 4, comunicación personal, 02 de diciembre 2013

64 Experto 5, comunicación personal, 02 de diciembre 2013

65 Experto 6, comunicación personal, 02 de diciembre 2013

66 Experto 7, comunicación personal, 02 de diciembre 2013

67 Experto 8, comunicación personal, 02 de diciembre 2013

68 Experto 9, comunicación personal, 02 de diciembre 2013

69 Experto 10, comunicación personal, 02 de diciembre 2013

- **¿Qué transformador requiere más cuidados, revisiones y mantenimientos?**

- 1- “ Los transformadores secos no deben ser instalados en la intemperie o en zonas húmedas, pero los transformadores en aceite requieren muchos cuidados, chequeos de aceite, cambio de empaques,, corrección de fugas”(70)
- 2- “Los mantenimientos que requieren los transformadores en aceite son tres o cuatro veces más costosos que los secos, más delicados y más repetitivos”.(71)
- 3- “Los transformadores en aceite requieren muchos cuidados, revisiones trimestrales o semestrales, cambios de aceite, correcciones de fugas, y prolongadas suspensiones de energía que generan altas pérdidas de dinero” (72)
- 4- “ Los transformadores en aceite “ (73)
- 5- “Después de su instalación los transformadores en aceite requieren mucho cuidado y vigilancia para evitar fugas de aceite y daños “(74)
- 6- “ Los transformadores secos requieren revisiones cada dos años sin mayores costos, mientras los mantenimientos de los transformadores en aceite son anuales y muy costosos” (75)
- 7- “ En aceite”(76)
- 8- “ Los costos de mantenimiento de un transformador en aceite son muy elevados a comparación de un seco”(77)
- 9- “ Transformador en aceite “(78)
- 10-“ El transformador en aceite”(79)

70 Experto 1, comunicación personal, 14 de agosto 2013

71 Experto 2, comunicación personal, 16 de agosto 2013

72 Experto 3, comunicación personal, 20 de agosto 2013

73 Experto 4, comunicación personal, 02 de diciembre 2013

74 Experto 5, comunicación personal, 02 de diciembre 2013

75 Experto 6, comunicación personal, 02 de diciembre 2013

76 Experto 7, comunicación personal, 02 de diciembre 2013

77 Experto 8, comunicación personal, 02 de diciembre 2013

78 Experto 9, comunicación personal, 02 de diciembre 2013

79 Experto 10, comunicación personal, 02 de diciembre 2013

- **Estaría usted dispuesto a pagar más por un transformador seco, más costoso que el tradicional pero con la ventaja de que ahorra energía, lo cual se traduce en ahorro de dinero a través del tiempo, además de contribuir con la preservación del medio ambiente, libre de mantenimientos y peligros?**

- 1- “ Todo lo que signifique economía bienvenido sea”(80)
- 2- “ Si lo vemos por el lado de instalación, no estaría dispuesto ya que para mí es más importante ahorrar en la instalación pero para el cliente si sería un ahorro futuro”(81)
- 3- “ Si ahora debemos contribuir con la preservación del medio ambiente”(82)
- 4- “ Si claro un equipo con tantas ventajas le apunta al desarrollo”(83)
- 5- “Ya que me costaría más la instalación. no”(84)
- 6- “ Si estaría dispuesto ya que recuperaría la inversión en el tiempo, además de la seguridad y el ahorro que significa”(85)
- 7- “ Si conociendo estas ventajas si”(86)
- 8- “ Para mí como constructor es indiferente eso depende de lo que escoja el cliente, se le ofrecen todas las alternativas, pero personalmente si lo compraría”(87)
- 9- “ Si significa ahorro de dinero si”(88)
- 10- “ No ya que se me incrementarían los costos de instalación”(89)

80 Experto 1, comunicación personal, 14 de agosto 2013

81 Experto 2, comunicación personal, 16 de agosto 2013

82 Experto 3, comunicación personal, 20 de agosto 2013

83 Experto 4, comunicación personal, 02 de diciembre 2013

84 Experto 5, comunicación personal, 02 de diciembre 2013

85 Experto 6, comunicación personal, 02 de diciembre 2013

86 Experto 7, comunicación personal, 02 de diciembre 2013

87 Experto 8, comunicación personal, 02 de diciembre 2013

88 Experto 9, comunicación personal, 02 de diciembre 2013

89 Experto 10, comunicación personal, 02 de diciembre 2013

6.1.5.2 Tabla encuesta. A continuación se tabulan los resultados obtenidos de las empresas y se totaliza.

Tabla 6. Resultados de encuesta S(seco), A (aceite), Si o No

	Experto 1	Experto 2	Experto 3	Experto 4	Experto 5	Experto 6	Experto 7	Experto 8	Experto 9	Experto 10
a	S	A	S	A	S/A	A	S	S/A	S	S
b	S	S	S	A	S	S	S	S/A	S	S
c	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
d	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
e	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
f	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
g	SI	NO	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	NO

Según los resultados de la encuesta es muy viable el proyecto ya que tiene una gran aceptación y el 70 % de los encuestados estaría dispuesto a comprarlo.

VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS TRANSFORMADORES SECOS CONTRA LOS TRANSFORMADORES EN ACEITE

A continuación se hará un análisis de cada transformador por separado ventajas y desventajas que presenta uno frente al otro.

Ventajas del Transformador en aceite

- Menores pérdidas en Vacío (Wattios). Por su construcción más compacta.
- Niveles de Ruido menores.
- Pueden ser instalados en la intemperie.
- Menor costo por unidad.

Desventajas del Transformador en aceite

- El aceite aislante utilizado posee muy baja temperatura de inflamación, lo cual hace de estos equipos muy propensos a causar incendios.
- El aceite utilizado es altamente contaminante.

- El aceite utilizado puede causar graves enfermedades a los seres humanos. Por contacto o por inhalación de gases tóxicos en caso de fallas.
- La obra civil a realizar para la instalación segura de un transformador en aceite en la actualidad, tiene unos costos muy elevados aproximadamente el doble de una obra para un transformador seco.
- Se deben hacer controles al aceite periódicos, pues este se envejece con el tiempo y con el incremento de la temperatura. Lo que aumenta los costos por mantenimiento.
- La empaquetadura se cristaliza y se daña con el tiempo, obligando también a continuos mantenimientos y reparaciones por fallas.

Ventajas del Transformador seco

- Menores costos de instalación, obras civiles más simples y pequeñas.
- El riesgo de incendio se reduce a cero. Los materiales constructivos utilizados son autoextinguibles.
- No producen gases tóxicos en caso de fallas.
- Transformador necesita un mínimo de mantenimiento. Ahorro de dinero.

Desventajas del Transformador seco

- Mayor nivel de ruido.
- Mayores pérdidas en Vacío (Wattios).
- No pueden ser instalados a la intemperie. El menor contacto con agua provocaría una falla inminente.
- Mayor costo por unidad.

Análisis

Comparando las ventajas y desventajas de cada uno de los tipos de transformadores se determinó, que los transformadores en aceite a pesar que poseen algunas ventajas con respecto a los transformadores secos no son suficientes, debido a que los daños a la salud, al medio ambiente y al bolsillo son un factor de peso para determinar que estos deben ser reemplazados.

Este proyecto busca mejorar la fabricación y el rendimiento de los transformadores secos, de tal forma que contribuyan a la preservación del medio ambiente por medio de la reducción de las pérdidas disipadas por calor en vacío y a plena carga, que el cliente recupere la inversión del equipo por medio de la eliminación total de mantenimientos y la reducción del consumo de energía, y que brinden seguridad a los seres humanos.

6.1.6 Análisis de precios. A continuación se muestran los precios establecidos en el mercado por la competencia. Sin incluir el IVA.

Tabla 7. Precios de competencia

PRODUCTO	RYMEL	SUNTEC	AWA	TESLA
225 KVA	\$14.200.000	\$15.830.000	\$12.820.000	\$12.400.000
300 KVA	\$15.900.000	\$19.320.000	\$15.500.000	\$15.000.000
400 KVA	\$19.300.000	\$22.730.000	\$18.400.000	\$17.800.000
500 KVA	\$21.000.000	\$26.190.000	\$20.200.000	\$20.748.000
630 KVA	\$23.500.000	\$28.790.000	\$24.500.000	\$25.187.000
800 KVA	\$25.400.000	\$33.930.000	\$28.950.000	\$29.064.000

Fuente: se solicitaron cotizaciones directas a cada empresa.

Analizando los precios de la competencia se puede apreciar en algunas referencias grandes diferencias en los precios de venta. En general RYMEL, AWA y TESLA tienen un rango de precios similar mientras que SUNTEC maneja unos precios más altos, pero gracias a su gran fuerza de ventas logran vender mucho más que AWA y TESLA.

6.1.7 Comercialización

Para la comercialización del producto se van a implementar estrategias básicas, ya que este tipo de producto no requiere de mucha publicidad, solo un buen mercadeo en las ciudades principales anteriormente mencionadas.

6.1.7.1 Publicidad

- Sitio web. www.transformadoresmaxwell.com

Figura 1. Web



- Volante publicitario

Figura 2. Volante

**TRANSFORMADORES
MAXWELL S.A.S**

TODO EN INGENIERÍA ELÉCTRICA

Empresa especializada en la fabricación de transformadores secos ahorradores clase H serie 1.2/15kV



CONTAMOS CON UN GRAN GRUPO DE INGENIEROS ESPECIALIZADOS EN EL TEMAS QUE LE AYUDARAN A ENCONTRAR SU MEJOR OPCION EN TRANSFORMADORES



Teléfono: 4443302
Carrera 43A # 61sur-45 Sabaneta (Ant)
www.transformadoresmaxwell.com
maxwell@une.net.co

TRANSFORMADORES SECOS CLASE H

2 2 5 KVA
3 0 0 KVA
4 0 0 KVA
5 0 0 KVA
6 3 0 KVA
8 0 0 KVA

LISTADO DE ACCESORIOS	
DESCRIPCION	CANTIDAD
AISLADORES ALTA TENSION	3
CONMUTADOR	1
SOPORTE PARARRAYO	3
PARARRAYOS (OPCIONAL)	3
JATERRIAJE TRANSFORMADOR	2
RUEDAS BIDIRECCIONALES (OPCIONAL)	4
TERMOMETRO (OPCIONAL)	1
CAJA DE CONEXIONES (OPCIONAL)	1
PLACA CARACTERISTICAS	1
ORMEA PARA IZAR TRANSFORMADOR	4



- Tarjeta de presentación

Figura 3. Tarjeta de presentación

PBX: 4443302
CEL: 3007878861
Correo: oscar@transformadoresmaxwell.com
Carrera 43A #61sur-45 Sabaneta (Ant)

Oscar Pablo Palacio Velásquez
Ingeniero de diseño



6.1.7.2 Promoción. La promoción permite presentar al cliente con el producto. Las estrategias promocionales a implementar son:

- Acompañamiento postventa, durante la instalación y puesta en servicio del equipo.
- Dos vistas después de instalado el transformador para verificar el estado del mismo.
- Obsequio el primer mantenimiento del transformador.
- Charla gratis sobre mantenimientos de transformadores secos.
- Obsequio tres pararrayos poliméricos.

6.1.8 Estudio Proveedores. En la siguiente tabla se muestran los proveedores y sus datos generales.

Tabla 8. Proveedores

PROVEEDOR	MATERIAL	DATOS GENERALES	DEBILIDADES Y/O FORTALEZAS
CENTELSA	Alambre magneto redondo y cuadrado de cobre y/o aluminio	www.centelsa.com.co Avenida Nutivara. Transv. 39B #73A-21 Medellín PBX: 411 1844	Gran portafolio de servicios, pero se debe pedir el material con un mes de anticipación
LOS FIERROS S.A	Canales, accesorios metálicos a medida	www.losfierros.com.co Calle 47 #53-82 Itagüi (Ant) PBX: 4445200	Buen servicio, poseen materiales para entrega inmediata y fabrican piezas bajo planos
MELEXA	Material aislante, papel nomex, fibra de vidrio para peines, cuñas de fibra de vidrio	www.melexa.com Calle 30 #55-21 Medellín (Ant) PBX:3548090	Buena disponibilidad para entrega inmediata. Excelente servicio postventa
TORNILLOS Y PARTES	Espárragos , tornillería general y especial.	www.tornillosypartes.com Carrera 50 #40-64 Medellín (Ant) PBX:2324182	Entrega inmediata y fabricación de tornillos especiales
ALUMINA	Flejes y platinas de aluminio conductora	www.alumina.com.co Carrera 64A #33-40 Itagüi (Ant) PBX:3705600	Excelente material de muy alta calidad, pero con tiempos de entrega muy largos.
MATRIMOL	Bujes aislantes para alta y baja tensión	www.matrimol.com Carrera 20 #166-24 Bogotá. PBX:6724324	Disponibilidad inmediata de los materiales ofrecidos en el portafolio de servicios.
FRANA INTERNACIONAL	Acero al silicio de grano orientado.	www.franainternacional.com Parque industrial Gran Sabana. Bodega 37. Vereda Tibitó. Tocancipá (Cund) PBX:8786111	Excelente servicio y atención al cliente, materiales de excelente calidad

6.1.9 Estudio sectorial. Este se trabajara en las siguientes zonas mencionadas a continuación. Siendo Medellín la zona con mayor importancia y la zona oriental la de menor importancia.

1. Zona local Medellín.
2. Zona del Caribe. Colombia. Barranquilla será la ciudad de mayor importancia.
3. Zona occidental. Colombia. Cali será la ciudad de mayor importancia.
4. Zona central. Colombia. Bogotá será la ciudad de mayor importancia.
5. Zona oriental. Colombia. Santander será la ciudad de mayor importancia.

Variables de segmentación:

- Mayor rentabilidad.
- Menor competencia.
- Cliente no regulado.
- Potencia instalada.

6.1.10 Conclusión del estudio de mercado. Del estudio de mercado se puede concluir que las cuatro ciudades que se escogieron tienen un alto potencial para el mercadeo de este producto. Esto se debe en gran parte por sus condiciones económicas, culturales, viales, comerciales e industriales, son ciudades en constante desarrollo y expansión. Además actualmente se cuenta con poca competencia. Se estudiaron las cuatro más fuertes, unas tienen problemas de tiempos de entrega y otras de costos elevados, el mercado está abierto para entrar a competir de una manera agresiva. En Colombia se encuentran todos los proveedores necesarios de materia prima de calidad que se requiere para la fabricación de los equipos.

Gracias a que los transformadores son una necesidad no requieren gran inversión publicitaria, además según la encuesta realizada a los expertos del medio se pudo evidenciar la acogida que tendría este producto en el medio, todo esto gracias a sus ventajas económicas de instalación, de costos y de seguridad.

6.2 ESTUDIO TECNICO

6.2.1 Tamaño (presupuesto). Apoyados en los resultados obtenidos del estudio de mercado, se puede inferir que la producción y ventas en unidades y por referencia para el 2014 sería la mostrada en la siguiente tabla.

Tabla 9. Presupuesto de fabricación 2014 (mensual)

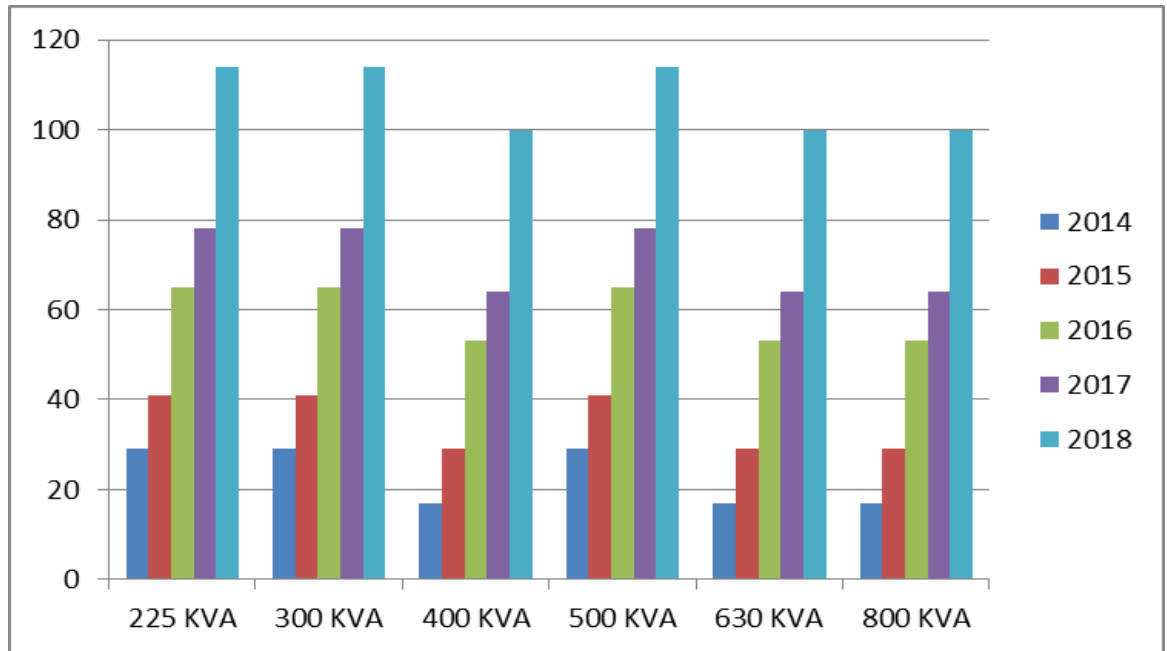
Ref KV A	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Total 2014
225	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	29
300	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	29
400	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	17
500	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	29
630	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	17
800	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	17
TOTAL													138

En la siguiente tabla podemos apreciar el crecimiento esperado hasta el 2018 en la producción de transformadores secos clase H.

Tabla 10. Presupuesto de fabricación 2014-2018

Ref KVA	2014	2015	2016	2017	2018
225	29	41	65	78	114
300	29	41	65	78	114
400	17	29	53	64	100
500	29	41	65	78	114
630	17	29	53	64	100
800	17	29	53	64	100
SUBTOTAL	138	210	354	426	642
TOTAL	1770				

Figura 4. Grafica comparativa de producción



Para el 2015 se incrementara la producción en un transformador más por referencia mensual.

Para el 2016 se incrementara la producción en dos transformadores más por referencia mensual.

Para el 2017 se pretende hacer inversión tecnológica para incrementar en un 20% la producción por referencia.

Para el 2018 se incrementara la producción mensual en tres transformadores más por referencia mensual.

6.2.2 Proceso de producción. A continuación se describe el proceso de producción para la fabricación de los transformadores secos clase H

6.2.2.1 Materias primas e insumos que se requieren. Para la fabricación de los transformadores secos son necesarios las siguientes materias primas e insumos, todos se consiguen en el país con empresas distribuidoras.

6.2.2.1.1 Papel Nomex 410. Es un papel de aislamiento con altos valores de resistencia dieléctrica, tenacidad mecánica y flexibilidad, para la fabricación de

este producto utilizaremos espesores de 0.13 mm, 0.25mm y 0.5 mm. Características técnicas más importantes:

- Rigidez dieléctrica aproximada de 32 kV/mm
- Temperaturas de 200 °C

Figura 5. Papel Nomex



Imagen recuperada de <https://www.gz-brighter.com>

6.2.2.1.2 Dog bone. Distanciadores hechos en fibra de vidrio y resina de poliéster con el fin de crear canales de ventilación al transformador. Crean la refrigeración por aire natural (AN).

Figura 6. Dog bone

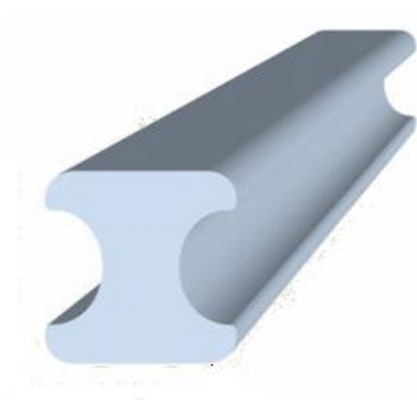


Imagen recuperada de <https://www.nioglas.com>

6.2.2.1.3 Barniz dieléctrico clase H. Se aplica directamente sobre las bobinas, el papel nomex y los conductores con el fin de brindar una mayor protección dieléctrica y resistencia mecánica para soportar temperaturas de 180 °C (clase H). Características técnicas más importantes:

- Rigidez dieléctrica aproximada de 93 kV/mm
- Temperaturas de 180 °C

Figura 7. Barniz dieléctrico



Imagen recuperada de <https://www.directindustry.es>

6.2.2.1.4 Peines y cuñas. Los peines de los transformadores secos son fabricados en fibra de vidrio y resina de poliéster. Se utilizan para encarrilar el bobinado de alta tensión y disponerlo en cierta forma de acuerdo a los cálculos de diseño.

Las cuñas de los transformadores secos son fabricadas en fibra de vidrio y resina de poliéster. Sirven para dar un mejor ajuste y estabilidad al transformador.

6.2.2.1.5 Culatas. Son elementos de fijación y de apoyo del transformador, estas sirven para soportar el transformador, para compactarlo y mantenerlo firme. Se fabrican en perfiles de lámina de hierro HR. Ver figura 8

Figura 8. Culata



Imagen recuperada de <https://www.nciamaquinas.com.br>

6.2.2.1.6 Alambre y platinas tipo magneto de cobre o aluminio. Se utilizan para hacer los arrollamientos de las bobinas, las platinas se utilizan para las bobinas de baja tensión y los alambres para las bobinas de alta tensión. La característica especial es que tienen un recubrimiento de resina de poliéster que le permite tener una excelente aislación eléctrica y soportar temperaturas de hasta 200°C. Ver figura 9

Figura 9. Alambre magneto



Imagen recuperada de <https://www.e-conceptos.com>

6.2.2.1.7 Aisladores de resina epóxica. Se utilizan para soportar las platinas de cobre o aluminio de las fases, tanto de alta como baja tensión. Tienen excelentes propiedades dieléctricas mecánicas y soportan altas temperaturas. Ver figura 10.

Figura 10. Aisladores de resina epóxica



Imagen recuperada de <https://www.korwi.com>

6.2.2.1.8 Pintura electrostática en polvo. Es un polvo seco que se aplica con ciertas técnicas especiales que brinda acabados más resistentes y duraderos que la pintura convencional.

6.2.2.1.9 Núcleo. El núcleo del transformador es de láminas de acero al silicio de grano orientado espesores de 0.27 mm calidad M-4 especial para transformadores, donde el flujo magnético se desplaza mejor a través de todo el núcleo y minimiza las pérdidas de energía. Ver figura 11

Figura 11. Acero al silicio



Imagen recuperada de <https://www.arenametal.es>

A continuación se ilustra la cantidad de materia prima por cada referencia y sus costos aproximados.

Tabla 11. Cantidades materia prima transformador 225 KVA**Transformador Serie 225kva**

Nombre del Insumo	Cantidad requerida	Costo unitario	Costo total
Papel Nomex 410. kilogramo	0,3	\$ 138.550	\$ 41.565
Dog bone. (Distanciador en fibra de vidrio)	72	\$ 4.500	\$ 324.000
Barniz dieléctrico clase H	0,1	\$ 57.000	\$ 5.700
Peines y cuñas.	36	\$ 16.727	\$ 602.172
Culatas	4	\$ 150.000	\$ 600.000
Alambre y platinas tipo magneto de cobre o aluminio	97	\$ 10.393	\$ 1.008.121
Aisladores de resina epóxica	7	\$ 57.500	\$ 402.500
Pintura electrostática en polvo	0,01	\$ 187.000	\$ 1.870
Núcleo	592	\$ 6.500	\$ 3.848.000
		TOTAL	\$ 6.833.928

Tabla 12. Cantidades materia prima transformador 300 KVA**Transformador Serie 300kva**

Nombre del Insumo	Cantidad requerida	Costo unitario	Costo total
Papel Nomex 410.	0,3	\$ 138.550	\$ 41.565
Dog bone. (Distanciador en fibra de vidrio)	72	\$ 4.500	\$ 324.000
Barniz dieléctrico clase H	0,1	\$ 57.000	\$ 5.700
Peines y cuñas.	36	\$ 16.727	\$ 602.172
Culatas	4	\$ 150.000	\$ 600.000
Alambre y platinas tipo magneto de cobre o aluminio	109	\$ 10.393	\$ 1.132.837
Aisladores de resina epóxica	7	\$ 57.500	\$ 402.500
Pintura electrostática en polvo	0,01	\$ 187.000	\$ 1.870
Núcleo	690	\$ 6.500	\$ 4.485.000
		TOTAL	\$ 7.595.644

Tabla 13. Cantidades materia prima transformador 400 KVA**Transformador Serie 400kva**

Nombre del Insumo	Cantidad requerida	Costo unitario	Costo total
Papel Nomex 410.	0,3	\$ 138.550	\$ 41.565
Dog bone. (Distanciador en fibra de vidrio)	72	\$ 4.500	\$ 324.000
Barniz dieléctrico clase H	0,1	\$ 57.000	\$ 5.700
Peines y cuñas.	36	\$ 16.727	\$ 602.172
Culatas	4	\$ 150.000	\$ 600.000
Alambre y platinas tipo magneto de cobre o aluminio	132	\$ 10.393	\$ 1.371.876
Aisladores de resina epóxica	7	\$ 57.500	\$ 402.500
Pintura electrostática en polvo	0,01	\$ 187.000	\$ 1.870
Núcleo	824	\$ 6.500	\$ 5.356.000
			\$ -
		TOTAL	\$ 8.705.683

Tabla 14. Cantidades materia prima transformador 500 KVA**Transformador Serie 500kva**

Nombre del Insumo	Cantidad requerida	Costo unitario	Costo total
Papel Nomex 410.	0,3	\$ 138.550	\$ 41.565
Dog bone. (Distanciador en fibra de vidrio)	72	\$ 4.500	\$ 324.000
Barniz dieléctrico clase H	0,1	\$ 57.000	\$ 5.700
Peines y cuñas.	36	\$ 16.727	\$ 602.172
Culatas	4	\$ 150.000	\$ 600.000
Alambre y platinas tipo magneto de cobre o aluminio	149	\$ 10.393	\$ 1.548.557
Aisladores de resina epóxica	7	\$ 57.500	\$ 402.500
Pintura electrostática en polvo	0,01	\$ 187.000	\$ 1.870
Núcleo	931	\$ 6.500	\$ 6.051.500
			\$ -
		TOTAL	\$ 9.577.864

Tabla 15. Cantidades materia prima transformador 630 KVA

Transformador Serie 630kva

Nombre del Insumo	Cantidad requerida	Costo unitario	Costo total
Papel Nomex 410.	0,3	\$ 138.550	\$ 41.565
Dog bone. (Distanciador en fibra de vidrio)	72	\$ 4.500	\$ 324.000
Barniz dieléctrico clase H	0,1	\$ 57.000	\$ 5.700
Peines y cuñas.	36	\$ 16.727	\$ 602.172
Culatas	4	\$ 150.000	\$ 600.000
Alambre y platinas tipo magneto de cobre o aluminio	165	\$ 10.393	\$ 1.714.845
Aisladores de resina epóxica	7	\$ 57.500	\$ 402.500
Pintura electrostática en polvo	0,01	\$ 187.000	\$ 1.870
Núcleo	1250	\$ 6.500	\$ 8.125.000
			\$ -
		TOTAL	\$ 11.817.652

Tabla 16. Cantidades materia prima transformador 800 KVA

Transformador Serie 800kva

Nombre del Insumo	Cantidad requerida	Costo unitario	Costo total
Papel Nomex 410.	0,3	\$ 138.550	\$ 41.565
Dog bone. (Distanciador en fibra de vidrio)	72	\$ 4.500	\$ 324.000
Barniz dieléctrico clase H	0,1	\$ 57.000	\$ 5.700
Peines y cuñas.	36	\$ 16.727	\$ 602.172
Culatas	4	\$ 150.000	\$ 600.000
Alambre y platinas tipo magneto de cobre o aluminio	295	\$ 10.393	\$ 3.065.935
Aisladores de resina epóxica	7	\$ 57.500	\$ 402.500
Pintura electrostática en polvo	0,01	\$ 187.000	\$ 1.870
Núcleo	1500	\$ 6.500	\$ 9.750.000
			\$ -
		TOTAL	\$ 14.793.742

6.2.2.2 Equipos e instalaciones físicas. Se requiere de una planta de 600 m2 aproximadamente por nivel (2niveles) distribuida de tal forma que el proceso de producción se más eficiente, la fabricación se clasifica por etapas. Ver Figura 12

Figura 12. Planta física



Imagen recuperada de archivo fotográfico planta de Transformadores

Diseño. Es necesario un computador con el software especializado. Un ingeniero. Ver Figura 13

Figura 13. Oficinas

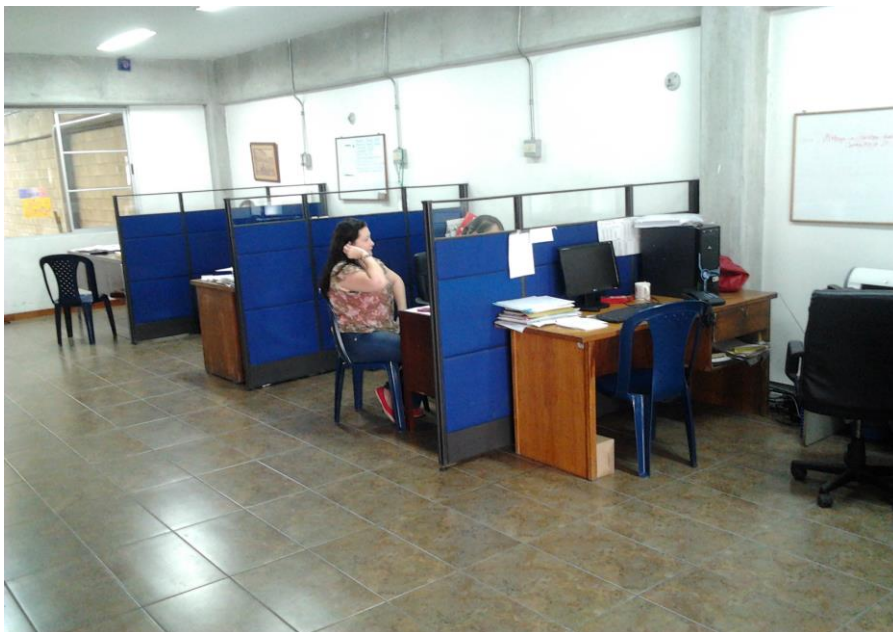


Imagen recuperada de archivo fotográfico planta de Transformadores

Bobinado. Se requieren 2 máquinas bobinadoras de alta tensión y de 4 máquinas bobinadoras de baja tensión. Un operario por máquina. Ver figura 14

Figura 14. Máquinas bobinadoras



Imagen recuperada de archivo fotográfico planta de Transformadores

Corte de núcleo. Se requieren 3 máquinas cortadoras de acero al silicio, el núcleo se corta de acuerdo al diseño. Un operario por máquina. Ver figura 15

Figura 15. Máquinas de corte

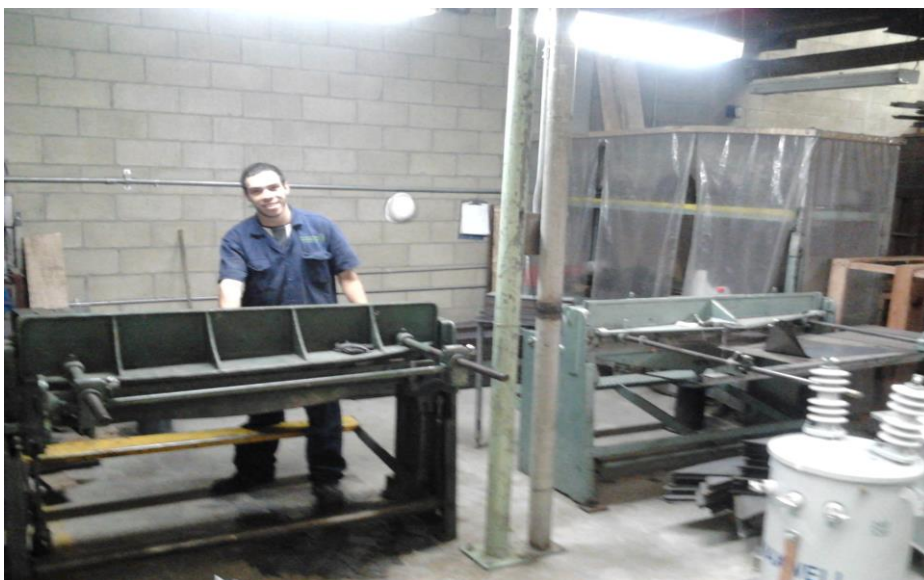


Imagen recuperada de archivo fotográfico planta de Transformadores

Ensamble: No se requiere de maquinaria solo de un operario competente. Ver figura 16.

Figura 16. Ensamble



Imagen recuperada de archivo fotográfico planta de Transformadores

Soldadura: Se requiere de un equipo de soldadura eléctrica revestida, un soldador mic y un tic. Un operario. Ver figura 17

Figura 17. Soldadura

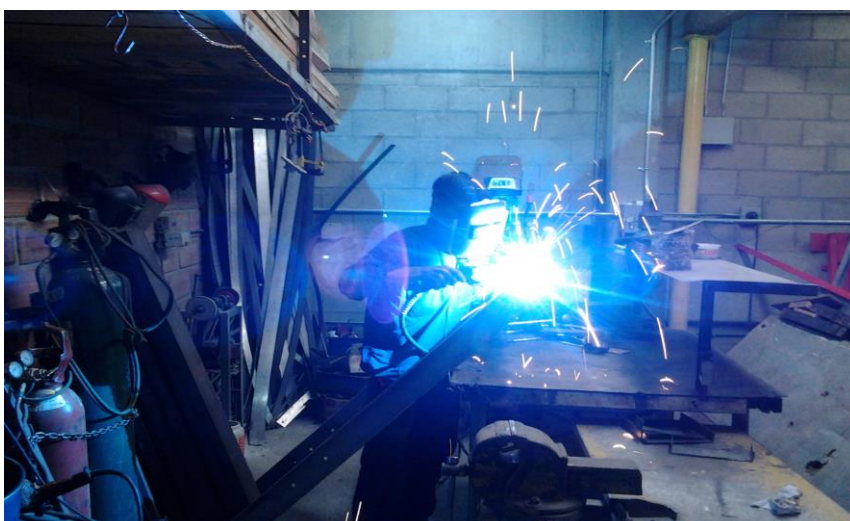


Imagen recuperada de archivo fotográfico planta de Transformadores

Secado: Es necesario un horno de secado para temperaturas de 300 °C como mínimo. Un operario. Ver figura 18.

Figura 18. Horno de secado



Imagen recuperada de archivo fotográfico planta de Transformadores

Conexionado: Es indispensable un equipo de soldadura en oxiacetileno. Un operario. Ver figura 19.

Figura 19. Conexionado

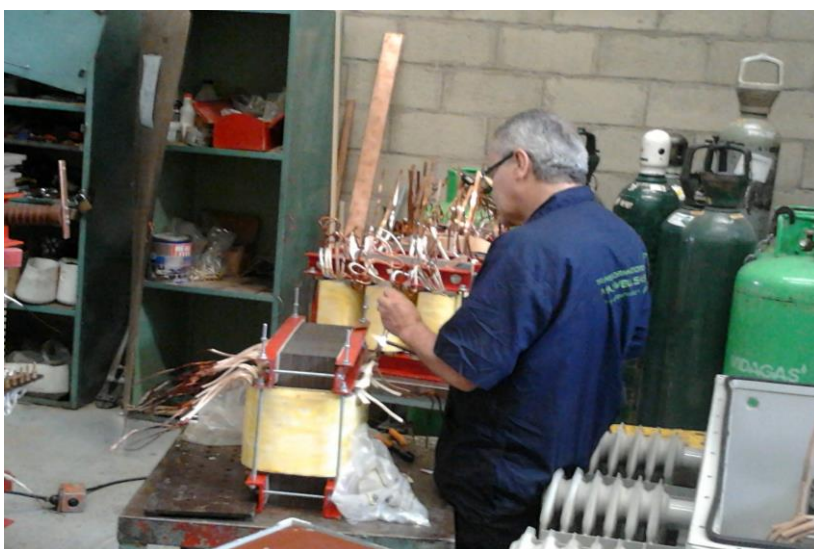


Imagen recuperada de archivo fotográfico planta de Transformadores

Laboratorio: Se requiere una consola de pruebas con equipos de medida eléctrica, un wattímetro, un amperímetro y un voltímetro. Un operario. Ver figura 20.

Figura 20. Laboratorio de pruebas eléctricas



Imagen recuperada de archivo fotográfico planta de Transformadores

Encubado: Se requiere un puente grúa de 10 toneladas para mover los transformadores una vez terminados. Figura 21.

Figura 21. Encubado

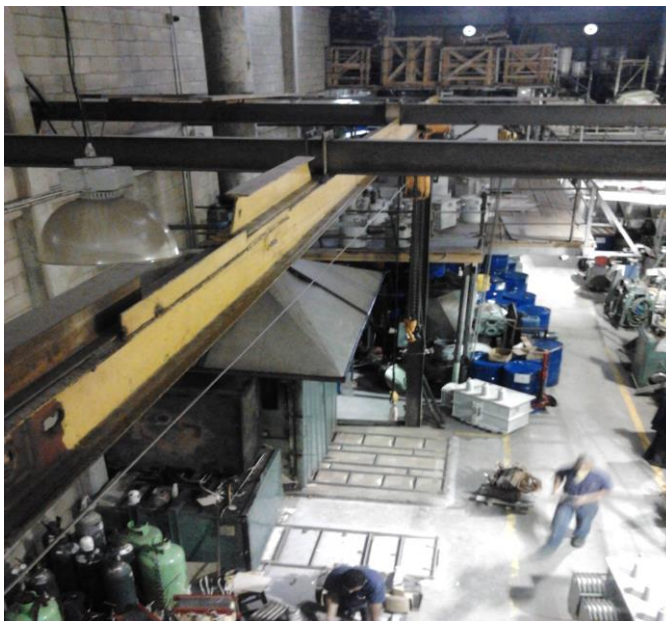


Imagen recuperada de archivo fotográfico planta de Transformadores

Pintura: Es necesaria una cabina de pintura y un compresor, Un operario. Ver Figura 22.

Figura 22. Pintura



Imagen recuperada de archivo fotográfico *planta de Transformadores*

6.2.2.3 Metodología a seguir para la fabricación del transformador seco.

Gerente de proyectos en conjunto con el ingeniero de diseño, el líder de producción, el encargado del marketing, el líder de la unidad comercial y el líder de compras se reunirán y se repartirán las funciones y tareas. (Reunión del grupo primario)

Primero el gerente de proyectos realiza una evaluación de los recursos físicos necesarios para la ejecución del proyecto.

También se encargará del estudio de las normas técnicas, legales, y reglamentarias.

Una vez realizadas estos primeros estudios, se procederán con los diseños. El ingeniero de diseños con base en el software para diseño de transformadores comenzará hacer las simulaciones y los ajustes de diseño necesarios hasta alcanzar los resultados deseados, luego procederá a plasmar los resultados en planos de las diferentes piezas del transformador, los cuales serán entregados al líder de producción. También tiene la función de hacer la solicitud de materias primas al líder de compras.

Una vez terminada la etapa de diseño se vuelve hacer reunión del grupo primario para revisar planos y los resultados de las simulaciones aprobando o

haciendo las correcciones necesarias, esta etapa es de las más importantes ya que a partir de la aprobación se procede a la compra de las materias primas.

El líder de compras se encargará de evaluar los proveedores y hacer los pedidos de materias primas necesarios. Cabe aclarar que al ser los transformadores un producto de vital importancia, las materias primas deben de ser de la más alta calidad, que cumplan con las normas exigibles.

Después de que el líder de producción recibe los planos y la materia prima, se hace una reunión entre el grupo primario y el personal de producción encargados del proceso. En esta reunión se explicaran y definirían los objetivos, se repartirán las funciones del personal de producción, se establecerán metas y plazos.

Antes de comenzar la etapa de producción se harán capacitaciones al personal sobre materias primas, manejo de herramientas, equipos de media, control y del producto final total.

En la etapa de producción el líder y sus grupos de trabajo comenzaran con la fabricación de los prototipos, esta etapa también es muy importante por tal motivo se harán revisiones diarias al proceso por parte del ingeniero de diseño y el gerente de proyectos, con el fin de minimizar al máximo cualquier error y en caso de presentarse corregirse a la menor brevedad. También se harán reuniones intermedias con todo el personal para conocer los avances, dificultades y observaciones.

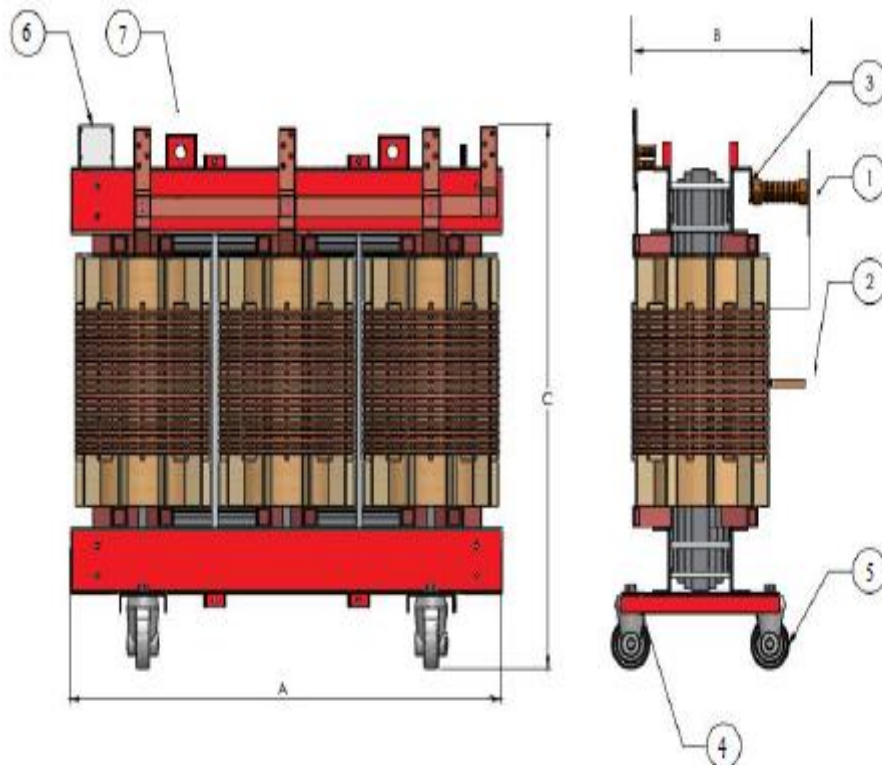
Mientras se están fabricando los prototipos el personal de marketing debe de estar diseñando las estrategias de publicidad como brochures, catálogos, anuncios y otra clase de medios publicitarios. El líder comercial y su grupo de ventas deben estar definiendo estrategias comerciales y de ventas a utilizar, con base en los resultados previos de los estudios de mercado.

Esta es la etapa final. Se contrata un ente certificador acreditado por la ONAC, con el fin de certificar los transformadores en base al RETIE y a las normas técnicas aplicables. En esta etapa el auditor certificador escogerá dos o tres muestras de los prototipos y estas serán mandadas a un laboratorio acreditado para realizar una serie de ensayos eléctricos y mecánicos. Estos resultados determinarán si los transformadores son aptos para su instalación y cumplen con los objetivos establecidos. Si el resultado es satisfactorio se emitirá un certificado de conformidad de producto el cual permite a la empresa comenzar con la comercialización de este.

6.2.2.4 Ficha técnica

Figura 23. Ficha técnica

TABLA DE DIMENSIONES Y PESOS TRANSFORMADORES TRIFASICOS		 <p>TRANSFORMADORES MAXWELL S.A.S TODO EN INGENIERIA ELECTRICA</p>
COD:T-FA-018E	VERSION: 01	
PAGINA: IDE 1		

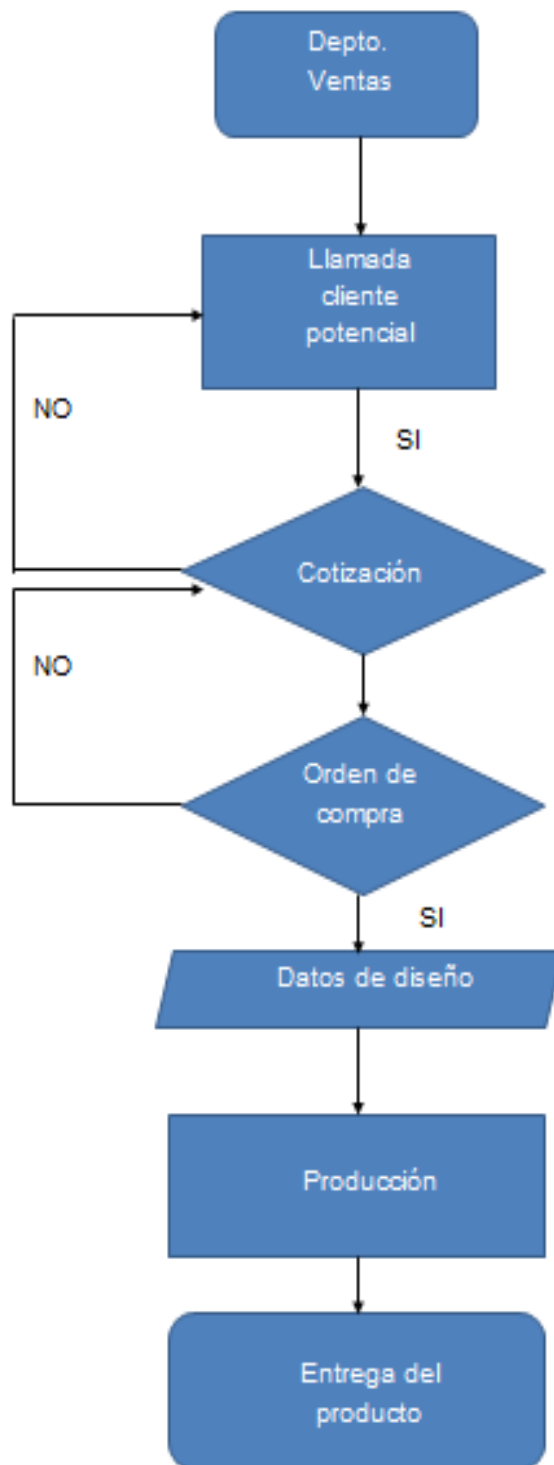


ACCESORIOS		
Nº	DESCRIPCION	CANTIDAD
1	AISLADORES DE ALTA TENSION	3
2	CONMUTADOR	1
3	SOPORTE PARARRAYO	3
4	ATERRIJAJE TRANSFORMADOR	2
5	RUEDAS	4
6	PLACA CARACTERISTICA	1
7	OREJA PARA IZAR TRANSFORMADOR	4

DIMENSIONES Y CARACTERISTICAS (APROXIMADAS)				
KVA	A	B	C	PESO
225	1260	700	1400	870
300	1260	700	1400	920
400	1260	700	1400	1175
500	1260	700	1400	1275
630	1260	700	1400	1700
800	1540	800	1515	1960

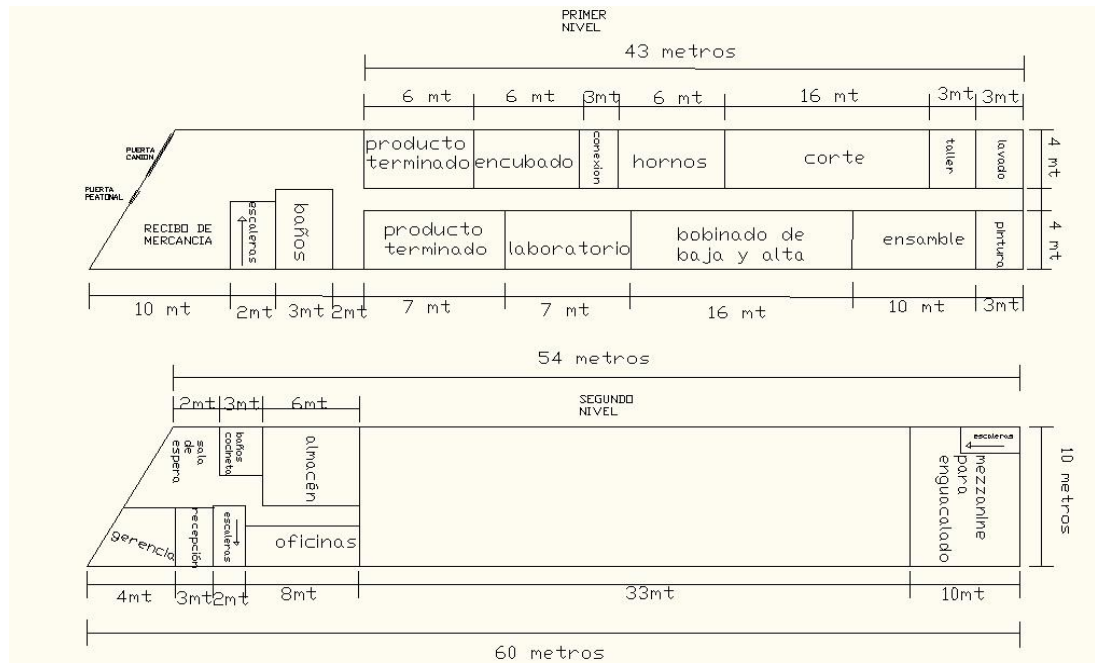
6.2.2.5 Flujo grama del servicio de venta

Figura 24. Flujo grama de ventas



6.2.3 Distribución de espacios físicos. Se requiere de una planta de aproximadamente 600m² por nivel (2 niveles), distribuidos como se ilustra en la siguiente imagen.

Figura 25. Distribución de espacios físicos



6.2.4 Localización

6.2.4.1 Análisis de macro localización. A continuación se evaluarán los factores más significativos para escoger la localización de la empresa. Escala de valoración 1-10

Tabla 17. Macro localización

Factores	Medellín	Sabaneta	Itagüí	Bello
Costo arrendamiento	6	5	7	7
Seguridad	4	7	4	3
Acceso Vial	9	8	6	8
Servicios Públicos (costo)	5	6	7	8
Parque industrial	9	9	7	6
Total	33	35	31	32

Según el análisis de macro localización el municipio más apto para localizar la empresa en sabaneta.

6.2.4.1 Análisis de micro localización. Ahora se analizara la mejor ubicación dentro del municipio de Sabaneta para la ubicación de la empresa

Tabla 18. Micro localización

Factores	Norte	Sur	Centro	Oriente	Occidente
Parqueaderos	8	8	2	1	8
Acceso transporte de carga pesada	9	9	1	1	9
Seguridad	10	10	10	7	7
Transporte publico	10	8	8	5	6
Ubicación comercial	9	6	9	3	8
Totales	46	41	30	17	38

Según el análisis de micro localización la ubicación ideal de la empresa es al norte del municipio de Sabaneta. Excelente zona en desarrollo Industrial, comercial y residencial perteneciente al Valle de Aburrá, subregión ubicada en el centro-sur del departamento de Antioquia (Colombia).

6.2.5 Obras físicas. En la siguiente tabla se relacionan las obras físicas y su costo que se requieren hacer a la bodega, para adecuarla para la fabricación de transformadores secos ahorradores.

Tabla 19. Obras físicas

Obra física	Costo
<i>Puente grúa de 5 toneladas</i>	\$10000000
<i>Horno de secado</i>	\$10000000
<i>Gas industrial</i>	\$2000000
<i>Cabina de pintura</i>	\$6000000
<i>Mezzanine</i>	\$5000000
<i>Iluminación industrial</i>	\$6000000
<i>Total</i>	\$39000000

Se requiere hacer una inversión de \$39000000 millones en acondicionamiento de la planta.

6.2.6 Conclusión del estudio Técnico. En el 2014 se espera producir 138 transformadores y tener un crecimiento ascendente año tras año hasta alcanzar para el 2018 aproximadamente 642 transformadores. El proceso de producción requiere de personal competente y especializado en diferentes áreas. Los transformadores eléctricos clase H, ahorradores necesitan ser fabricados con materia prima de la mejor calidad. Para poder garantizar la seguridad y calidad del producto. El proceso de fabricación es netamente horizontal y la disposición física se hizo de acuerdo a esto. Logrando mayor eficiencia. El punto estratégico para su localización es Sabaneta. Municipio de gran crecimiento industrial. El proyecto es técnicamente viable se cuenta con la tecnología y el conocimiento para hacerlo posible.

CONCLUSIONES

Un proyecto viable desde el punto de vista de mercado y técnico con gran aceptación del sector eléctrico, de la construcción e industrial.

Se deben implementar fuertes estrategias de mercadeo en las principales ciudades mencionadas, con el fin de dar a conocer las virtudes de este equipo ya que en el medio se encuentra muy posicionado el transformador en aceite.

Debido a que Colombia es una potencia en generación, transmisión y distribución de energía este producto es de consumo masivo en este sector.

La actual competencia no ofrece transformadores ahorradores, un factor que bien promocionado puede ser determinante a la hora de un cliente tomar la decisión.

El mercado de los transformadores está abierto, las actuales empresas no alcanzan a satisfacer la demanda actual.

El mercado actualmente cuenta con una gran cantidad de transformadores en aceite que son de mayor tamaño y generan la misma potencia que nos da un transformador seco clase H de nueva generación, con éstos transformadores se puede reducir el tamaño de las subestaciones, ya que es muy importante en la actualidad optimizar los espacios que se generan debido al gran crecimiento poblacional.

Después de muchos años conviviendo al lado de transformadores sumergidos en aceite, los cuales son muy perjudiciales para la salud humana, se visiona que es posible desarrollar un producto amigable con el medio ambiente y los seres humanos; lo cual es muy importante en el mundo actual debido a tanta contaminación, además también podemos decir que se podrá abastecer la creciente demanda y las necesidades en un mundo que está creciendo a un ritmo muy vertiginoso y cada día está demandando mayor generación y consumo de energía eléctrica.

Según el reglamento técnico de instalaciones eléctricas, los nuevos productos deben velar por la seguridad de la vida humana, animal y vegetal, otro factor en que es fuerte este equipo.

RECOMENDACIONES

Se recomienda llevar a cabo la ejecución de este proyecto, debido a su viabilidad. En Colombia se cuenta con personal calificado, gente con experiencia, proveedores e insumos disponibles en el mercado, además de ser un producto de alto consumo nacional e internacional.

Es importante comenzar el proceso de certificación de producto ante un ente certificador calificado, y con base al reglamento técnico de instalaciones eléctricas domiciliarias (RETIE). Este certificado se exige en Colombia para todos los productos eléctricos, con el fin de garantizar su calidad y brindarle seguridad al cliente final.

Con base en los estudios de mercado realizados en las diferentes zonas del país encontramos como la mayoría de subestaciones poseen transformadores en aceite, los cuales ya no se recomiendan tener energizados por las características perjudiciales que presentan para el ser humano en la actualidad; por lo tanto podemos recomendar la adquisición de este producto con una amplia seguridad ya que los transformadores que se diseñaron tendrán un gran impacto técnico, ambiental y comercial, debido a que sus características de diseño y cálculo son únicas y generarán confianza entre el sector que los va a adquirir. Es de anotar que este producto se debe acoger en el mercado debido a las bondades técnicas y ecológicas que presenta, también destacamos que la inversión económica al momento de hacerla puede verse como alta pero con el tiempo de uso se reflejará en los procesos de producción como un ahorro a mediano y largo plazo ya que es un producto de una alta confiabilidad para los procesos de producción.

A la Institución Universitaria Minuto de Dios seguir implementando el proceso de formación con énfasis en el desarrollo de proyectos, promoviendo y estimulando el progreso.

BIBLIOGRAFIA

- 1 Tomado del sitio web de la universidad de la plata facultad de ingeniería <http://www.ing.unlp.edu.ar/sispot/Libros%202007/libros/cme/vol-03/2apend4/cm-a04d.htm>
- 2 Martin Suarez, Valentín (2009). Evaluación del riesgo de incendio en un transformador Tomado de <http://e-archivo.uc3m.es> Recuperado de noviembre de 2009, en <http://hdl.handle.net/10016/9061>
- 3 Cancerígeno: Sigue demorada la limpieza de PCB en Concordia. Tomado de <http://www.diariodelsurdigital.com.ar>. Recuperado el 07 de Noviembre de 2012, en <http://www.diariodelsurdigital.com.ar/CANCERIGENO-Sigue-demorada-la>
- 4 Stephen J. Chapman,(2004). Transformadores. En Emma Ariza H (Ed). Maquinas eléctricas (p.62).Bogotá, Colombia .:McGraw-Hill.
- 5 NTC 317. Electrotecnia. Transformadores de potencia y distribución. Terminología. (1998)..Bogotá, Colombia .: ICONTEC
- 6 Tomado de www.wikipedia.org. Recuperado el 17 de mayo del 2013, en <http://es.wikipedia.org/wiki/Transformador>.
- 7 Tomado de www.monografias.com. Recuperado el 29 de junio de 2012, en <http://www.monografias.com/trabajos93/de-transformadores-trifasicos/de-transformadores-trifasicos.shtml>
- 8 Tomado de www.buenastareas.com. Recuperado de abril de 2011, en <http://www.buenastareas.com/ensayos/Transformadores-En-Aceite-Dielectrico/1868655.html>
- 9 Tomado de www.blanket.com.mx. De <http://www.blantek.com.mx/productos/tdrsseco07.pdf>
- 10 NTC 317. Electrotecnia. Transformadores de potencia y distribución. Terminología. (1998)..Bogotá, Colombia .: ICONTEC

11 INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. Código Eléctrico Colombiano. Primera actualización. Santa fe de Bogotá D.C. : ICONTEC, 2002 NTC 2050

12 INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. Electrotecnia. Transformadores trifásicos autorefrigerados, tipo seco abierto y encapsulado en resina, corriente sin carga, pérdidas y tensión de cortocircuito. Santa fe de Bogotá D.C. : ICONTEC, 1996. NTC 3445

13 INSTITUTO COLOMBIANO DE NORMAS TECNICAS. Transformadores de potencia tipo seco. Santa fe de Bogotá D.C. : ICONTEC, 2000. NTC 3654

14 MISTERIO DE MINAS Y ENERGIA. Reglamento técnico en instalaciones eléctricas (RETIE) Resolución No 181294 Agosto 06 de 2008

15 FORMULACION Y EVALUACION DE PROYECTOS. Enfoque para emprendedores. Rafael Méndez. Sexta edición. Icontec Internacional.