UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS

Estudio de implementación de la prueba de ruido para transformadores de distribución tipo seco. Caso de estudio, Nacional de Transformadores S.A.S.

Autor

Oscar Iván Galvis Cabrera

José Leonardo Garzón Barón

Tutor

José Ignacio Rodríguez. PhD. Ingeniería Informática

Universidad Distrital Francisco José De Caldas

Especialización en Gestión de Proyectos de Ingeniería

Facultad de Ingeniería

Bogotá, Colombia

noviembre de 2020

Contenido

contenido 2
Índice De Gráficas 5
Índice De Figuras 5
Índice De Tablas 6
Resumen 8
Palabras Clave 8
1 Introducción 9
1.1. Objetivos 10
1.1.1. Objetivo General 10
1.1.2. Objetivos Específicos 10
1.2. Justificación 10
2 Contexto E Identificación Del Proyecto 15
2.1 Marco Teórico 15
2.2 Análisis De Involucrados 19
2.2.1 Identificación De Los Involucrados 19
2.2.2 Caracterización De Los Involucrados 20
2.2.3 Posicionamiento De Los Involucrados 21
2.3 Problema Tecnológico 23
2.3.1 Identificación Del Problema 23
2.3.2 Diagrama Relación Causa Efecto 23
1.1.1. Árbol De Problemas 25
2.4 Análisis De Objetivos 26
2.4.1 Árbol De Objetivos 26

2.5 Acciones E Identificación De Alternativas 27
2.5.1 Identificación De Acciones 27
2.5.2 Postulación De Alternativas 28
2.5.3 Selección De La Alternativa 28
2.6 Estructura Analítica Del Proyecto 30
2.7 Resumen Narrativo De Objetivos Y Actividades 31
2.8 Indicadores 32
2.8.1 Medición De Indicadores 35
2.9 Medios De Verificación 35
2.10 Supuestos 37
2.11 Matriz De Marco Lógico 38
3 Análisis Del Mercado 40
3.1 Diagnóstico Sectorial: 40
3.1.1 Diagnóstico Internacional: 40
3.1.2 Diagnóstico Internacional: 41
3.2 Delimitación Del Mercado: 43
3.3 Productos Sustitutos: 44
3.4 Análisis De La Situación Actual Frente A La Competencia: 44
3.5 Análisis De Las Encuestas: 46
3.6 Análisis De La Demanda: 49
4 Estudio Legal Y Ambiental 51
5 Ingenieria Del Proyecto 53
5.1 Estudio Técnico 53
5.1.1 Tipos De Equipos Utilizados Para La Medición De Ruido 53

5.1.2 Descripción De La Prueba De Medida Del Nivel De Ruido En Transformadores Tipo Secos Conforme A La Ntc 5979 54
5.1.3 Niveles De Emisión Sonora Establecidos En La Ntc 5978 69
5.1.4 Diseño De La Cámara Anecoica 71
5.1.5 Frecuencia De Corte 81
5.1.6 Ubicación De La Cámara Anecóica 82
5.1.7 Protocolo De Pruebas 84
6 Estudio Administrativo 86
6.1 Misión 86
6.2 Visión 86
6.3 Estructura Jerárquica Laboratorio De Pruebas 87
6.4 Estudio Normativo 88
7 Estudio Económico - Financiero 89
7.1 Recursos De Nómina Necesarios: 89
7.2 Inversión Necesaria De Equipos: 90
7.3 Inversión Necesaria De Materiales: 90
7.4 Amortizaciones Por Inversión: 91
7.5 Proyecciones: 91
7.6 Ingresos Estimados: 92
7.7 El Siguiente Es El Flujo De Caja: 93
8 Conclusiones Y Recomendaciones 95
9 Referencias 96

Índice de Gráficas

Gráfica 1. Índice de quejas y reclamos en transformadores (Últimos años) 11
Gráfica 2. 3. 4. Y 5. Cantidad porcentual de Quejas y Reclamos en transformadores 12
Gráfica 6. Crecimiento Internacional de Transformadores 40
Gráfica 7. Comportamiento de IPI – Fabricación de Motores, Generadores y Transformadores 42
Gráfica 8. Ponderación (MPC) 45
Gráfica 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15 y 16. Resultados de la Encuestas 47
Gráfica 17. Proyección de Ingresos Netos 50

Índice de Figuras

Figura 1. Análisis de núcleos problemáticos 13
Figura 2. Secuencia de protocolo de ensayos, sin fuente de alimentación externa 18
Figura 3. Secuencia de protocolo de ensayos, con fuente de alimentación externa 18
Figura 4. Identificación de los involucrados 19
Figura 5. Análisis Causa Efecto 24
Figura 6. Árbol de problemas 25
Figura 7. Árbol de objetivos 26
Figura 8. Estructura analítica del proyecto 30
Figura 9. Transformador seco sin cerramiento 58
Figura 10. Curva del factor de corrección medio ambiental K. 62
Figura 11. Transformador tipo seco clase H, serie 15/1.1 kV. 72
Figura 12. Transformador tipo seco clase H, serie 36/1.1 kV. 73
Figura 13. Transformador tipo seco clase F, serie 15/1.1 kV. 74
Figura 14. Transformador tipo seco clase F, serie 36/1.1 kV. 75
Figura 15. Profundidad y ancho de la cámara anecoica. 77
Figura 16. Altura de la cámara anecoica. 77

Figura 17. Dimensiones de Cuña a implementar en la cámara anecoica. 78
Figura 18. Cantidades de Cuñas a implementar en la cámara anecoica. 79
Figura 19. Componentes estructurales de la cámara anecoica. 80
Figura 20. Diseño final de la cámara anecoica. 81
Figura 21. Disposición de los elementos constitutivos del campo de pruebas. 83
Figura 22. Flujograma de ensayos propuesto, con la prueba de Ruido. 85
Figura 23 Organigrama Laboratorio de Pruebas 87

Índice de Tablas

Tabla 1. Tipos de ensayo para transformadores de potencia tipo secos 16
Tabla 2. Caracterización de los involucrados 20
Tabla 3. Posicionamiento de los involucrados 22
Tabla 4. Acciones que concretan los medios 27
Tabla 5. Valoración de las alternativas 29
Tabla 6. Resumen de objetivos 31
Tabla 7. Revisión de criterios para indicadores 32
Tabla 8. Selección de indicadores 34
Tabla 9. Métodos de verificación por indicador 35
Tabla 10. Resumen de Supuestos 37
Tabla 11. Marco Lógico 38
Tabla 12. Principales Empresas Internacionales 41
Tabla 13. Principales Empresas Nacionales 42
Tabla 14. Delimitación del Mercado 43
Tabla 15. Matriz de Perfil Competitivo (MPC) 45
Tabla 16. Ficha Técnica – Recolección de Datos 46
Tabla 17. Ingresos Netos de la Empresa 49
Tabla 18. Normograma 51
Tabla 19. Aspectos Fundamentales de la prueba de ruido en transformadores tipo secos (NTC 5979) 54

Tabla 20. Valores aproximados de coeficientes de absorción promedio 63
Tabla 21. Criterios para la validez de las mediciones de los niveles de presión sonora en transformadores 66
Tabla 22. Máximo nivel de emisión sonora, para transformadores trifásicos auto-refrigerados y abiertos con voltaje del devanado de mayor tensión superior a 1,2 kV 69
Tabla 23. Máximo nivel de emisión sonora, para transformadores trifásicos auto-refrigerados y abiertos con voltaje del devanado de mayor tensión desde 601 V hasta 1,2 kV 70
Tabla 24. Máximo nivel de emisión sonora, para transformadores monofásicos auto-refrigerados con voltaje del devanado de mayor tensión superior a 601 V 70
Tabla 25. Dimensiones y pesos del Transformador tipo seco clase H, serie 15/1.1 kV. 72
Tabla 26. Dimensiones y pesos del Transformador tipo seco clase H, serie 36/1.1 kV. 73
Tabla 27. Dimensiones y pesos del Transformador tipo seco clase F, serie 15/1.1 kV. 74
Tabla 28. Dimensiones y pesos del Transformador tipo seco clase F, serie 36/1.1 kV. 75
Tabla 29. Disposición física dentro del laboratorio de pruebas. 82
Tabla 30. Simbología utilizada dentro del laboratorio de pruebas. 83
Tabla 31. Costos mano de obra directa. 89
Tabla 32. Inversión equipos de laboratorio. 90
Tabla 33. Inversión material para el laboratorio. 90
Tabla 34. Amortizaciones por inversión. 91
Tabla 35. Proyecciones. 91
Tabla 36. Ingresos Estimados. 92
Tabla 37. FLUJO DE CAJA. 93

RESUMEN

Con relación al incremento de quejas afines por contaminación acústica, la empresa se ve imposibilitada para realizar un diagnóstico veraz, certero y definitivo de los trasformadores tipo seco, por el cual se permita identificar si en verdad estos cumplen o no con los niveles permitidos establecidos por la norma aplicable (NTC 5978); provocando en primera medida: que el transformador salga defectuoso, en segunda: si esto sucede no se le pueda dar un debido seguimiento cuando se presente un reclamo por parte de los clientes y por último: la afectación de la imagen de la empresa por la pérdida paulatina de credibilidad.

Por lo anterior y teniendo en cuenta el sistema de Gestión de Calidad implementado dentro de la empresa se desea modificar y adecuar los principios de esta, referente a la mejora continua con un enfoque en la toma de decisiones basado en la evidencia, permitiendo implementar el subproceso de prueba de ruido para transformadores dentro del proceso misional de Laboratorio de pruebas, permitiendo la identificación de “no conformidades” del producto final y ofreciendo además el servicio en el mercado.

Este documento abarca la fundamentación teórica y temas concernientes a la prueba de ruido para transformadores, contextualizando el proceso de Laboratorio de pruebas y por último contemplando el diseño de la infraestructura adecuada con los materiales especiales para el desarrollo de la prueba, los equipos de medición, costos de fabricación y operación que implicaría la implementación del subproceso. Existen algunas tablas, gráficos e imágenes en general, utilizados para complementar y facilitar la interpretación de lo consignado.

PALABRAS CLAVE

Diseño, Implementación, Laboratorio de pruebas, Proceso, Transformador Eléctrico.

1 INTRODUCCIÓN

Nacional de Transformadores SAS siendo una empresa líder de transformadores en Colombia que suministra sus productos a las principales compañías constructoras, firmas de ingeniería, contratistas en los sectores público y privado del país; se caracteriza por su compromiso en cuanto a la calidad de sus procesos y productos, siendo su sistema de Gestión certificado bajo la norma NTC/ISO 9001 y sus productos conforme al reglamento técnico de instalaciones eléctricas – RETIE y las normas NTC aplicables; teniendo como misión diseñar, fabricar y comercializar transformadores con alto índice de calidad, buscando ser una empresa rentable y sostenible, basados en el permanente desarrollo de sus colaboradores y en el mejoramiento continuo de los procesos.

Uno de estos procesos es la Fabricación de transformadores el cual le sigue otro proceso misional que es Laboratorio de pruebas, este va ligado con el proceso de apoyo de soporte técnico; en este último se identificó a partir de encuestas de satisfacción, reportes de peticiones, quejas y reclamos (PQR), una “no conformidad” en cuanto a la calidad percibida por el cliente en los transformadores de distribución tipo secos, debido a los altos índices de emisión sonora detectados. Por consiguiente se plantea dentro del SGC bajo sus principios de mejora continua y toma de decisiones a partir de evidencias, implementar la prueba de ruido para transformadores en el proceso de Laboratorio de pruebas, que permita por medio de un protocolo de medición y una cámara anecoica conforme a las exigencias técnicas requeridas, identificar productos con imperfectos técnicos que incrementan la emisión sonora (Ramírez, Rivas & López , 2013) y a partir de esto tomar la decisión si el producto cumple o no las exigencias. Una vez se cumpla este primer propósito, se ofrecerá el servicio a las demás empresas fabricadoras y/o prestadoras del servicio de pruebas, ya que actualmente en el país existen muy pocos Laboratorios certificados que garantizan la prueba de ruido.

Por lo anterior este proyecto tiene como finalidad determinar la viabilidad de implementar la prueba de ruido para transformadores de distribución tipo secos, mediante un protocolo

de medición y una cámara anecoica que permita el análisis de los niveles de emisión sonora del equipo probado, como criterio de toma de decisiones frente a la medición.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un estudio para la implementación de la prueba de ruido para transformadores de distribución tipo seco, en la empresa Nacional de Transformadores S.A.S.

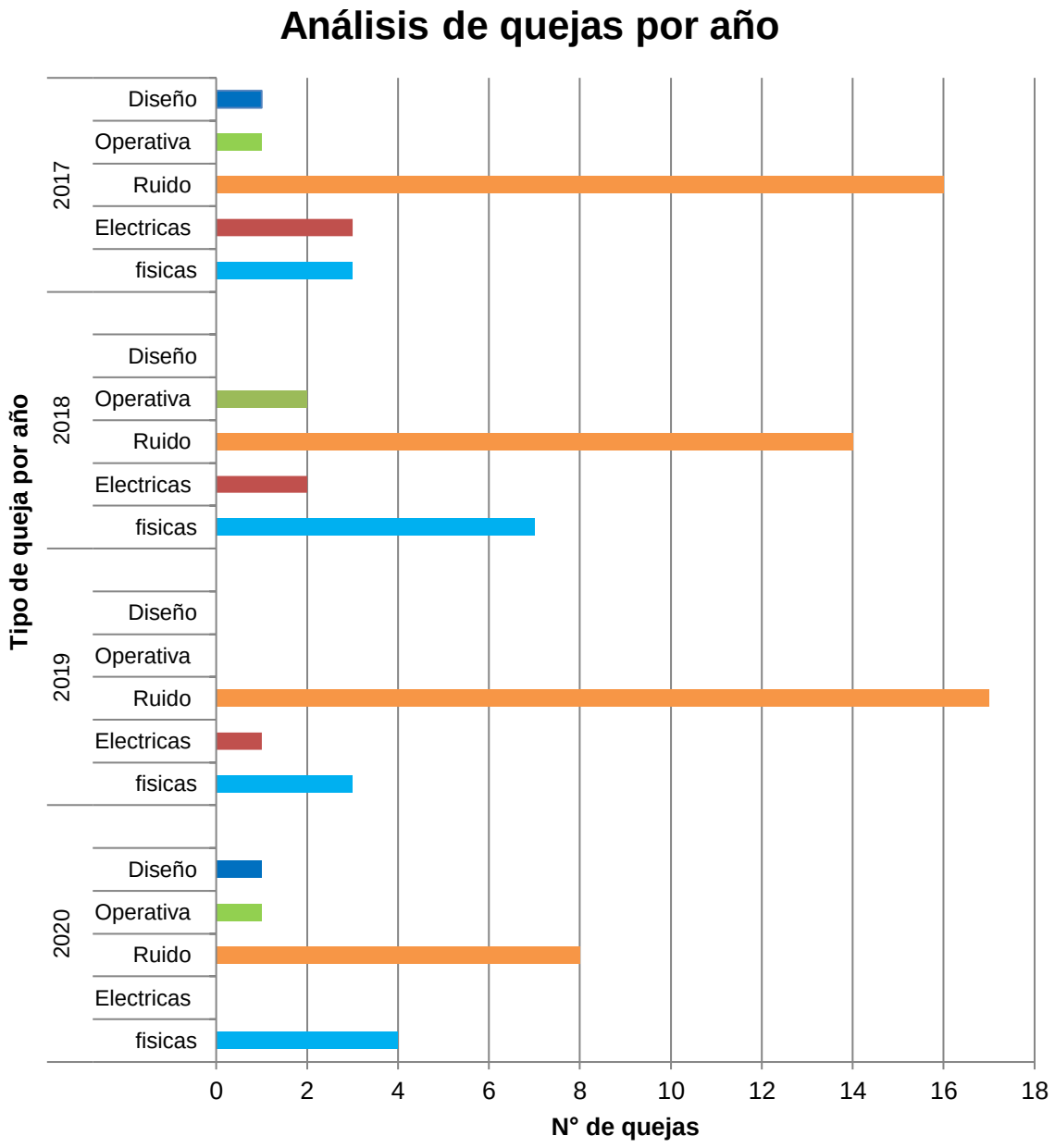
1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

* Diseñar la cámara anecoica conforme a las exigencias técnicas requeridas.
* Realizar el estudio financiero para la implementación del nuevo subproceso.
* Dictaminar la rentabilidad del nuevo subproceso en caso de ser implementado en el proceso de Laboratorio de pruebas.

1.2. JUSTIFICACIÓN

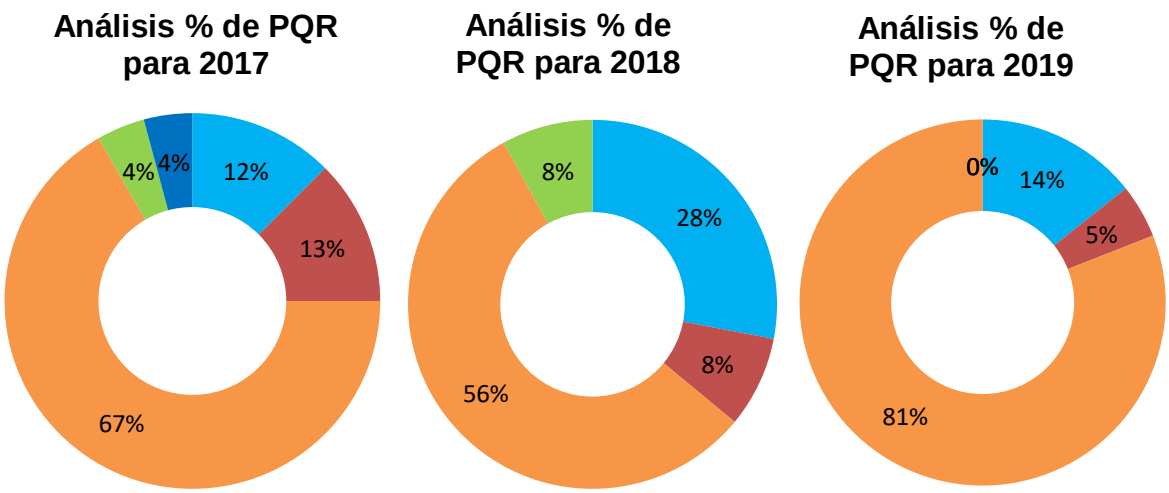
Actualmente se presenta un incremento en el número de quejas relacionadas a la alta percepción de contaminación acústica, identificada por los usuarios en transformadores nuevos tipo secos, utilizados en redes de MT-BT (Media tensión-Baja tensión) y BT-BT (Baja tensión-Baja tensión) las cuales sobre el total de quejas abarcaban para el 2017 un 67%, 2018 un 56%, 2019 un 81% y para lo que va de 2020 un 57% (ver gráficas 1, 2, 3,4 y 5), conllevando pérdidas operativas de mano de obra aproximadamente hasta 7 jornales al mes para la atención de mantenimientos (Nacional de transformadores, 2020), teniendo un costo de oportunidad importante ya que se pierde: una jornada normal de operación por atender mantenimientos en sitio, la credibilidad de los clientes por los productos (en parte por los inconvenientes percibidos y por otro lado la inexistencia de soporte técnico de fábrica con relación a emisión acústica); dando a entender que para el proceso de Laboratorio de pruebas los métodos de verificación de limites acústicos emitidos no son adecuados para la determinación de fallas de fabricación, conllevando a que los transformadores puedan salir sin las condiciones de calidad y conformidad requeridas.

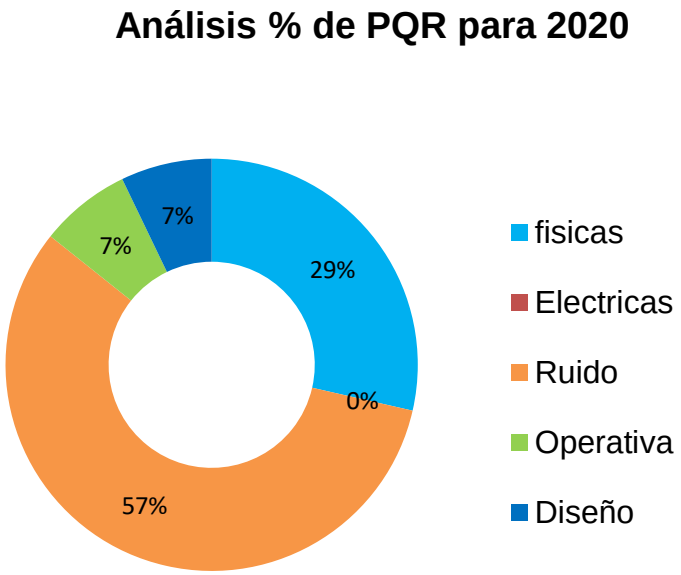
Gráfica 1. Índice de quejas y reclamos en transformadores (Últimos años)



Fuente: elaboración propia

Gráfica 2. 3. 4. Y 5. Cantidad porcentual de Quejas y Reclamos en transformadores

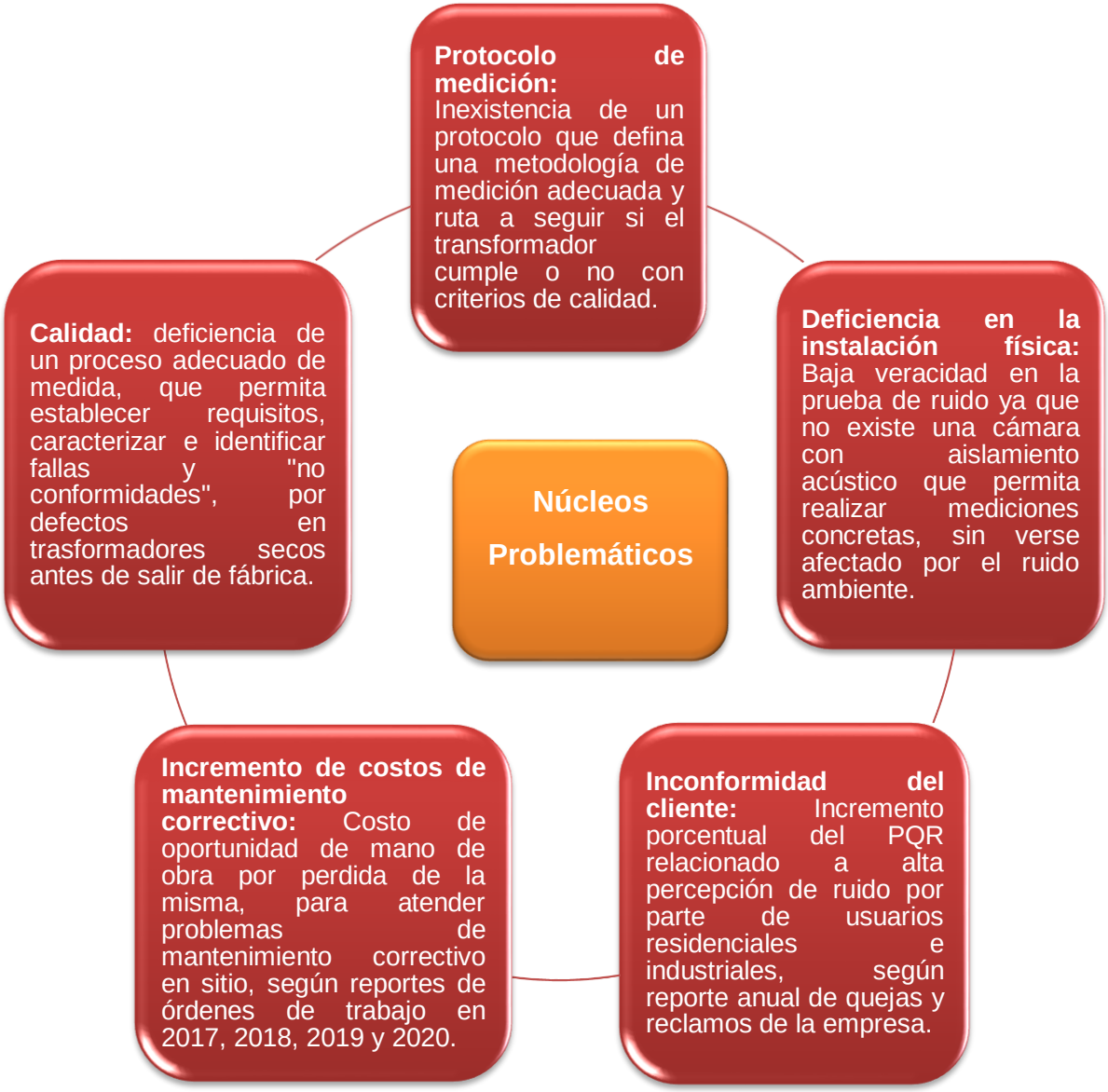




Fuente: elaboración propia

Por consiguiente, se cuenta con los siguientes núcleos problemáticos:

Figura 1. Análisis de núcleos problemáticos



Fuente: Elaboración propia

Con relación al incremento anual del PQR relacionado por contaminación acústica, la empresa se ve imposibilitada para realizar un diagnóstico veraz, certero y definitivo de los trasformadores, por el cual se permita identificar si en verdad estos cumplen o no con los niveles acústicos permitidos en la NTC 5978 (ELECTROTECNIA. TRANSFORMADORES

MONOFÁSICOS Y TRIFÁSICOS VALORES DE REFERENCIA DE LOS NIVELES DE EMISIÓN SONORA) permitiendo que el transformador pueda salir defectuoso y ante un reclamo del cliente no se le pueda dar un debido seguimiento, afectando la calidad del producto.

Por lo anterior y teniendo en cuenta el sistema de Gestión de Calidad implementado dentro de la empresa, se desea modificar y adecuar los principios de esta, referente a la mejora continua con un enfoque en la toma de decisiones basado en la evidencia, permitiendo implementar un subproceso nuevo de medición y certificación de niveles permisibles de contaminación acústica, para transformadores de distribución tipo secos; logrando identificar “no conformidades” del producto final.

2 CONTEXTO E IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO

2.1 MARCO TEÓRICO

Un transformador eléctrico es una máquina estática, cuya principal función es transformar niveles de tensión y de corriente adecuados, a partir de una potencia (Mora, 2015); estos cumplen un papel importante dentro de la dinámica del sector eléctrico, ya que son indispensables para que la energía eléctrica generada llegue a ser utilizada por el usuario final. Aquellos transformadores que dentro del sistema eléctrico tienen como finalidad reducir los niveles de tensión menores a 220kV, hacen parte de las redes de distribución local o regional con capacidades de potencia entre 5 a 500kVA, que posteriormente atienden las demandas energéticas de los clientes regulados y no regulados; estos transformadores se clasifican según su operación (potencia), su número de fases (monofásicos o trifásicos), su tipo de aislamiento y utilización (nivel de tensión) (Mora, 2015).

Según el entorno donde se implemente los transformadores se fabrica con un tipo de aislamiento: ya sea en aceite (ambientes bajo intemperie) o secos, que necesitan un cuarto o cabina especial que garantice las condiciones para su correcto funcionamiento; estos a su vez se dividen en tipo: secos con aislamiento clase H (alambre embobinado) o clase F (embebidos en resina) (Nacional de Transformadores SAS, 2020); contemplan pruebas de rutina y tipo (ver tabla 1), descritas en un protocolo de pruebas de laboratorio, que cumple con la Norma Técnica Colombiana NTC-ISO/IEC 17025 (Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración); esta norma se encuentra inmersa dentro de los criterios del SGC de la empresa.

Los transformadores de distribución más comercializados corresponden a los tipo secos, debido a que los costos de fabricación, espacios de disponibilidad, y la relación de mantenimiento en comparación con los de aceite son menores; sin embargo estos han presentado un incremento en su indicador de inconformidad PQR por parte del cliente,

debido a índices altos de emisión sonora; por ello se reevaluará el protocolo actual, para que se modifique según las exigencias e inconformidades percibidas por calidad.

Partiendo de esto es necesario aclarar que Nacional de Transformadores SAS, contempla para sus transformadores secos (clase H y F) la implementación de la norma NTC 3654 (Transformadores de Potencia Tipo Secos) para la medición de parámetros técnicos; en esta se establece una serie de requisitos técnicos y mediciones para que se garantice el producto conforme a tres tipos de ensayos descritos a continuación:

Tabla 1. Tipos de ensayo para transformadores de potencia tipo secos

Ensayos de rutina: **(Son los ensayos que se deben aplicar a cada uno de los elementos fabricados.)**	**Ensayos tipo:** **(Sólo se le realizan a un pequeño grupo de equipos con el fin de verificar ciertas características.)**	**Ensayos especiales:** **(Se realizan en común acuerdo entre el fabricante y el cliente.)**
Medida de la resistencia de los devanados (Norma NTC 375 numeral 8.2.)	Ensayo de impulso de descarga atmosférica (Norma IEC 60076-3 numeral 12.)	Medidas de descargas parciales (Norma NTC 613)
Medida de la relación de transformación y comprobación de la relación vectorial de tensión (Norma NTC 471 numeral 8.3.)	Ensayo de incremento de la temperatura (Norma IEC 60076-2 numerales 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3, 3.3, 3.9.1, 3.9.2, y 3.9.3.)	**Medida del nivel de ruido** (Norma IEC 60551)
Medida de tensión de cortocircuito, impedancia de cortocircuito y pérdidas debidas a la carga		Ensayo de cortocircuito (Norma 60076-1)

(Norma IEC 76-1 numeral 8.4.)	
Medidas de pérdidas y corriente en vacío (Norma IEC 76-1 numeral 8.5.)	
Ensayo de tensión aplicada, con fuente de tensión separada (Norma IEC 76-3 numeral 10.)	
Ensayo de sobretensión inducida (Norma NTC 837 numeral 11.1 y 11.2.)	

Fuente: Elaboración propia a partir de la NTC 3654

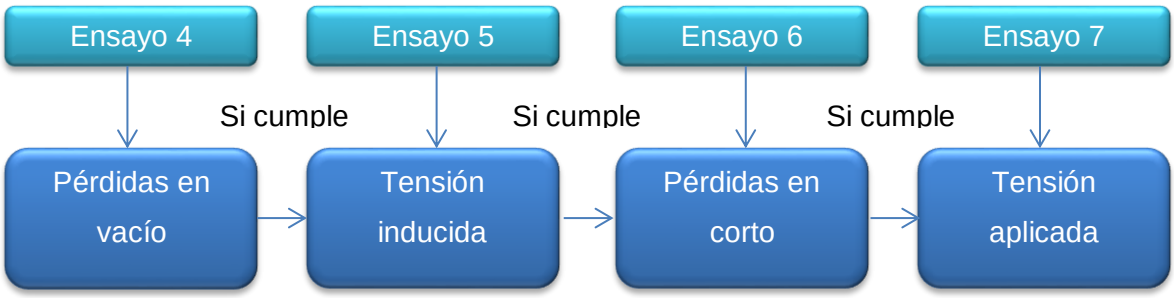
Estas pruebas son registradas en el protocolo del transformador, las cuales deben cumplir los criterios de la norma aplicable a cada una de ellas, para poder ser entregados a satisfacción al cliente; sin embargo se aclara que en la actualidad el protocolo de medida solamente contempla las pruebas de rutina, dejando a un lado las especiales donde se encuentran el ensayo de medición de ruido; como se mencionó, esta es importante para la identificación de fallas de fabricación y determinar un umbral de conformidad, para que el cliente no se vea afectado de ninguna forma.

Por consiguiente y partiendo del procedimiento del protocolo actual (ver figuras 2 y 3), se debe elaborar un protocolo nuevo con base a la normatividad nacional e internacional existente para la medición de ruido, que ayude a realizar mediciones oportunas en la identificación de no conformidades técnicas. También es necesario identificar la correcta secuencia para la elaboración de todas las pruebas, incluyendo la medición de ruido.

Figura 2. Secuencia de protocolo de ensayos, sin fuente de alimentación externa

Fuente: elaboración propia

Figura 3. Secuencia de protocolo de ensayos, con fuente de alimentación externa



Fuente: Elaboración propia

Para poder llevar a cabo el ensayo de medida del nivel de ruido, se debe contar con instalaciones y equipos adecuados, que permitan controlar factores externos acorde a la normatividad existente; por ello es necesario realizar un estudio de factibilidad en cuanto disponibilidad de espacio, tecnología a utilizar y estudio económico; permitiendo dar un aval técnico y presupuestal, que consistirá en el diseño de una cámara anecoica, contemplando tipos de material y equipos certificados para llevar a cabo la prueba; consecuencia de que en la actualidad no se cuenta con las condiciones para realizarla, dentro de las instalaciones de la fábrica.

La modificación de este protocolo de medida, permitirá a la empresa identificar otro tipo de fallas en el núcleo del transformador, una mayor aceptación por parte del cliente al garantizar el nivel de ruido emitido y mejoramiento de su imagen como fabricante en el mercado.

2.2 ANÁLISIS DE INVOLUCRADOS

2.2.1 IDENTIFICACIÓN DE LOS INVOLUCRADOS

A continuación, se presentan los involucrados identificados y su relación con el desarrollo del proyecto:

Figura 4. Identificación de los involucrados

Fuente: Elaboración propia a partir de la metodología del Marco Lógico (ORTEGÓN, PACHECO & PRIETO, 2005)

2.2.2 CARACTERIZACIÓN DE LOS INVOLUCRADOS

Una vez identificados los involucrados (stakeholders) del proyecto, se procede a la caracterización de cada uno y los intereses que tendrían en el proyecto:

Tabla 2. Caracterización de los involucrados

Involucrados	Grupo	Intereses
- Sector Construcción **- Sector Industria** **- Sector Uso Médico** **- Otros sectores que utilicen transformadores**	Beneficiarios	- Satisfacción por el producto comprado - Confianza de que el producto cuenta con los estándares de calidad
- Nacional de transformadores SAS	Beneficiario Directo	- Mejor Imagen - Aumentar Ingresos - Aumentar calidad del producto - Menor costo por reprocesos - Menor número de Quejas y Reclamos por parte del cliente
- Gerencia de la empresa	Inversionista	- Cumplir los requerimientos técnicos del producto - Aumentar la participación en el mercado - Cumplir con los intereses del cliente
- Otros Fabricantes de Transformadores	Clientes	- Contar con la infraestructura y tecnología necesaria, para ofrecer una variante al servicio de pruebas para transformadores - Ofrecer un servicio que se encuentra escaso en el mercado, por ser una

		prueba especial que requiere infraestructura específica
- Empresas que prestan servicio de Pruebas para Transformadores	Empresa Aliada	- Aumentar la participación en el mercado, ya que se puede hacer convenios con empresas que ofrecen pruebas exclusivas
- Laboratorios de transformadores	Perjudicado	- Empezar a ofrecer un servicio, donde muy pocos laboratorios en el país lo pueden hacer - Al aumentar la oferta y mantenerse la demanda, el precio del servicio puede disminuir un poco; haciendo más competitivo ese mercado.
- Organismos reguladores	Ente de control	- Certificar la cámara anecoica, donde se realizará el ensayo de ruido en transformadores - Realiza auditorías, verificando se cumplan los requisitos de la ISO/IEC 17025

Fuente: Elaboración propia a partir de la metodología del Marco Lógico (ORTEGÓN, PACHECO & PRIETO, 2005)

2.2.3 POSICIONAMIENTO DE LOS INVOLUCRADOS

Siguiendo la metodología del Marco Lógico (ORTEGÓN, PACHECO & PRIETO, 2005), se define la importancia del involucrado para el proyecto y el grado de involucramiento del

mismo (Expectativa /Fuerza); para esto se utiliza una escala de 1 a 5, siendo 1 el menor y 5 el mayor grado de importancia.

Tabla 3. Posicionamiento de los involucrados

Involucrados	Expectativa	Fuerza	Resultante
- Sector Construcción **- Sector Industria** **- Sector Uso Médico** **- Otros sectores que utilicen transformadores**	5	5	25
- Nacional de transformadores SAS	4	3	12
- Gerencia de la empresa	3	5	15
- Otros Fabricantes de Transformadores	3	4	12
- Empresas que prestan servicio de Pruebas para Transformadores	3	4	12
- Laboratorios de transformadores	1	2	2
- Organismos reguladores	3	3	9

Fuente: Elaboración propia a partir de la metodología del Marco Lógico (ORTEGÓN, PACHECO & PRIETO, 2005)

A partir de esta información, se puede observar que el principal opositor del proyecto será los pocos Laboratorios que pueden ofrecer el servicio de prueba de ruido en transformadores, ya que va en contra de sus intereses al hacer más competitivo un mercado tan especializado. Por otra parte, los que más apoyarán el proyecto, serán los sectores que utilizan transformadores eléctricos; en especial aquellos que en su uso diario requieren bajo nivel de ruido (uso médico y residencial).

2.3 PROBLEMA TECNOLÓGICO

2.3.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Nacional de Transformadores SAS implementa un sistema de Gestión de Calidad bajo la norma NTC/ISO 9001, que tiene como finalidad la mejora continua y alta calidad de los procesos, por medio de evaluaciones de auditorías internas y externas permitiendo identificar “no conformidades”.

En los últimos años la empresa ha identificado por medio del mecanismo de PQR un reclamo frecuente en cuando a la emisión sonora de transformadores de distribución tipo secos, presentada por los usuarios finales (en su mayoría del sector residencial); dando a entender que la empresa no está garantizando de alguna manera estos umbrales permitidos, que pueden ser consecuencia de un desajuste mecánico o una mala condición de fábrica; de igual forma la empresa no ha podido evaluar esta condición dentro del proceso de fabricación, consecuencia de no tener un subproceso definido para la medición de emisión sonora dentro del proceso misional de Laboratorio de pruebas, ni las condiciones físicas de planta para realizar mediciones.

Por consiguiente y partiendo de una “no conformidad” dentro del sistema de Gestión de Calidad, como se observa en el diagrama de “espina de pescado” (ver figura 5) y en el árbol de problemas (ver figura 6); existe la necesidad de reevaluar la forma de realizar las mediciones dentro del proceso de pruebas para transformadores y la toma de decisiones (criterios mínimos de conformidad) para que el trasformador de distribución pueda o no salir al mercado.

2.3.2 DIAGRAMA RELACIÓN CAUSA EFECTO

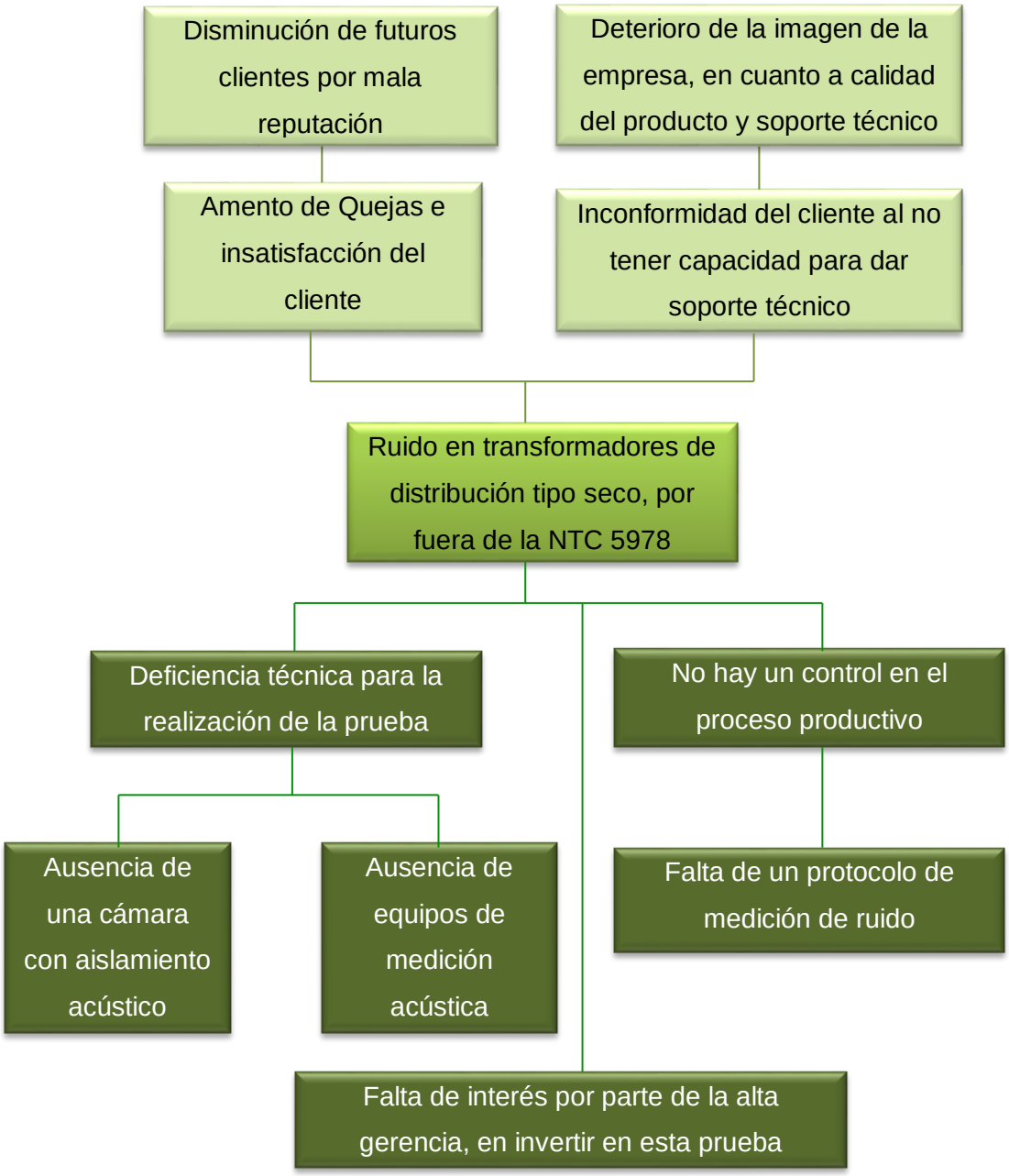
Para realizar la definición del problema, se analizaron las causas y efectos mediante los diagramas de “espina de pescado” y árbol de problemas.

Figura 5. Análisis Causa Efecto

Fuente: Elaboración propia

1.1.1. ÁRBOL DE PROBLEMAS

Figura 6. Árbol de problemas

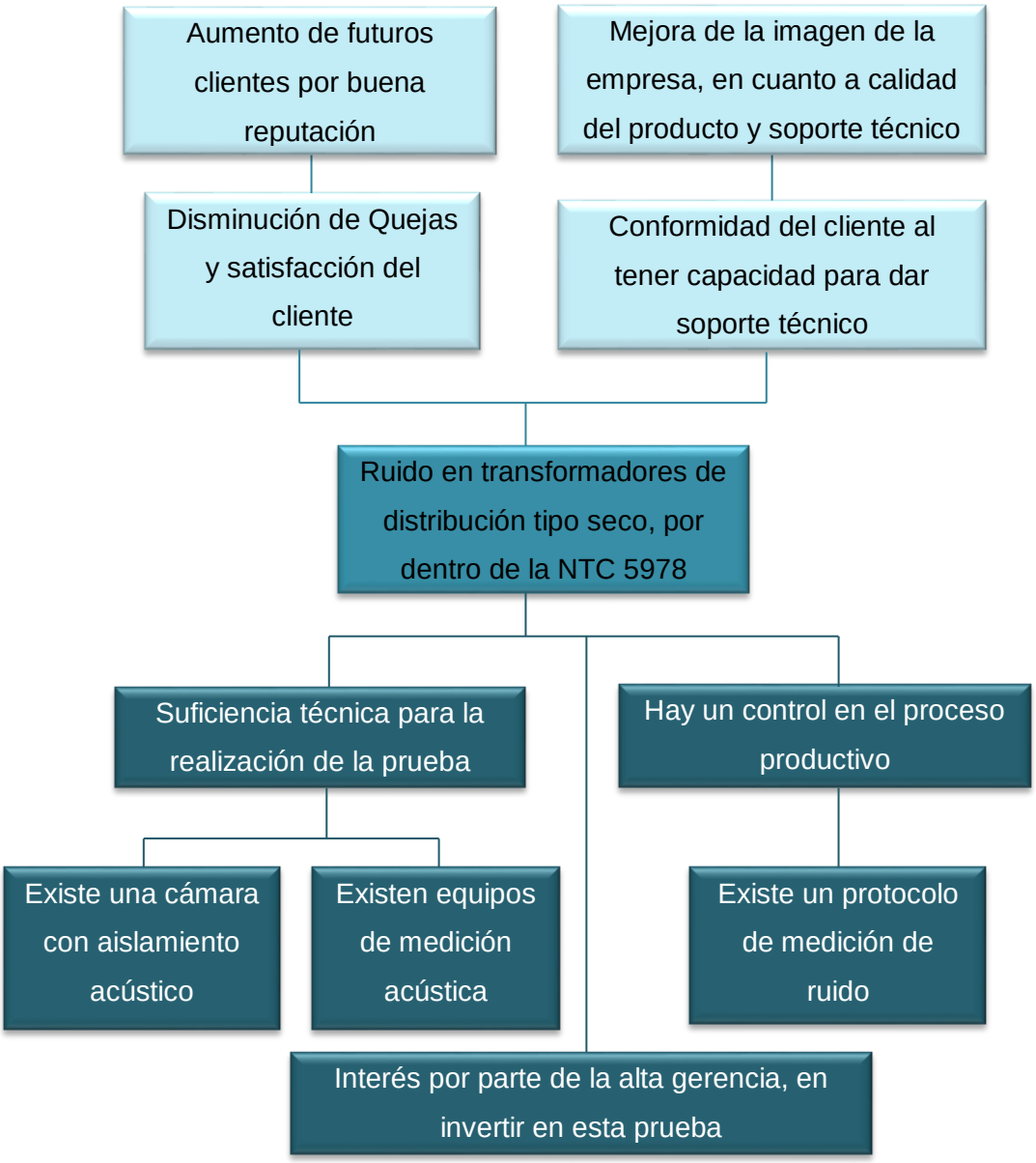


Fuente: Elaboración propia a partir de la metodología del Marco Lógico (ORTEGÓN, PACHECO & PRIETO, 2005)

2.4 ANÁLISIS DE OBJETIVOS

2.4.1 ÁRBOL DE OBJETIVOS

Figura 7. Árbol de objetivos



Fuente: Elaboración propia a partir de la metodología del Marco Lógico (ORTEGÓN, PACHECO & PRIETO, 2005)

2.5 ACCIONES E IDENTIFICACIÓN DE ALTERNATIVAS

2.5.1 IDENTIFICACIÓN DE ACCIONES

A continuación, se mencionan las acciones que ponen en marcha los medios identificados en el árbol de objetivos:

Tabla 4. Acciones que concretan los medios

Medios	Acciones
1. Existe una cámara con aislamiento acústico	- Realizar el diseño de la cámara y llevar acabo su construcción - Contratar a un externo para llevar a cabo su desarrollo y construcción
2. Existen equipos de medición acústica	- Comprar los equipos necesarios para llevar a cabo la medida - Alquilar los equipos
3. Interés por parte de la alta gerencia, en invertir en esta prueba	- Exponer ante la alta gerencia la necesidad de llevar a cabo esta prueba - Realizar un estudio costo beneficio a mediano y largo plazo - Mostrar la nueva ventana de mercado que se abriría con este proyecto - Presentar las ayudas del estado que apoyan el crecimiento de las PYMES
4. Existe un protocolo de medición de ruido	- Implementar el protocolo que se integre a las políticas y procedimiento de la empresa - Capacitar al personal de producción en la importancia que tienen las buenas prácticas

Fuente: Elaboración propia a partir de la metodología del Marco Lógico (ORTEGÓN, PACHECO & PRIETO, 2005)

Las acciones excluyentes en la anterior tabla son: “Realizar” y “Contratar” para el medio 1. “Comprar” y “Alquilar” para el medio 2. Las demás acciones son complementarias.

2.5.2 POSTULACIÓN DE ALTERNATIVAS

Habiendo identificado las acciones complementarias y excluyentes, se plantean las siguientes alternativas:

a. Exponer ante la alta gerencia la necesidad de implementar esta prueba en el Laboratorio; posteriormente realizar el diseño y construcción de la cámara anecoica, comprando los equipos necesarios para la medida e implementando el protocolo de medición de ruido, que se integre a las políticas y procedimientos de la empresa.
b. Exponer ante la alta gerencia la necesidad de implementar esta prueba en el Laboratorio; posteriormente realizar el diseño y construcción de la cámara anecoica, alquilando los equipos necesarios para la medida e implementando el protocolo de medición de ruido, que se integre a las políticas y procedimientos de la empresa.
c. Exponer ante la alta gerencia la necesidad de implementar esta prueba en el Laboratorio; posteriormente contratar personal externo que realice el desarrollo y construcción de la cámara anecoica, comprando los equipos necesarios para la medida e implementando el protocolo de medición de ruido, que se integre a las políticas y procedimientos de la empresa.
d. Exponer ante la alta gerencia la necesidad de implementar esta prueba en el Laboratorio; posteriormente contratar personal externo que realice el desarrollo y construcción de la cámara anecoica, alquilando los equipos necesarios para la medida e implementando el protocolo de medición de ruido, que se integre a las políticas y procedimientos de la empresa.

2.5.3 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA

Con el fin de escoger la alternativa más viable, se desarrolló un análisis en compañía de la alta gerencia de acuerdo a su experiencia e intereses internos.

El análisis consistió en calificar 5 aspectos relevantes de cada alternativa (a, b, c y d) con valores de 1 a 5:

- Siendo 1 la valoración más baja y entendiéndose como el peor desempeño de la alternativa, frente al aspecto analizado.
- 5 la valoración más alta y entendiéndose como el mejor desempeño de la alternativa, frente al aspecto analizado.

Tabla 5. Valoración de las alternativas

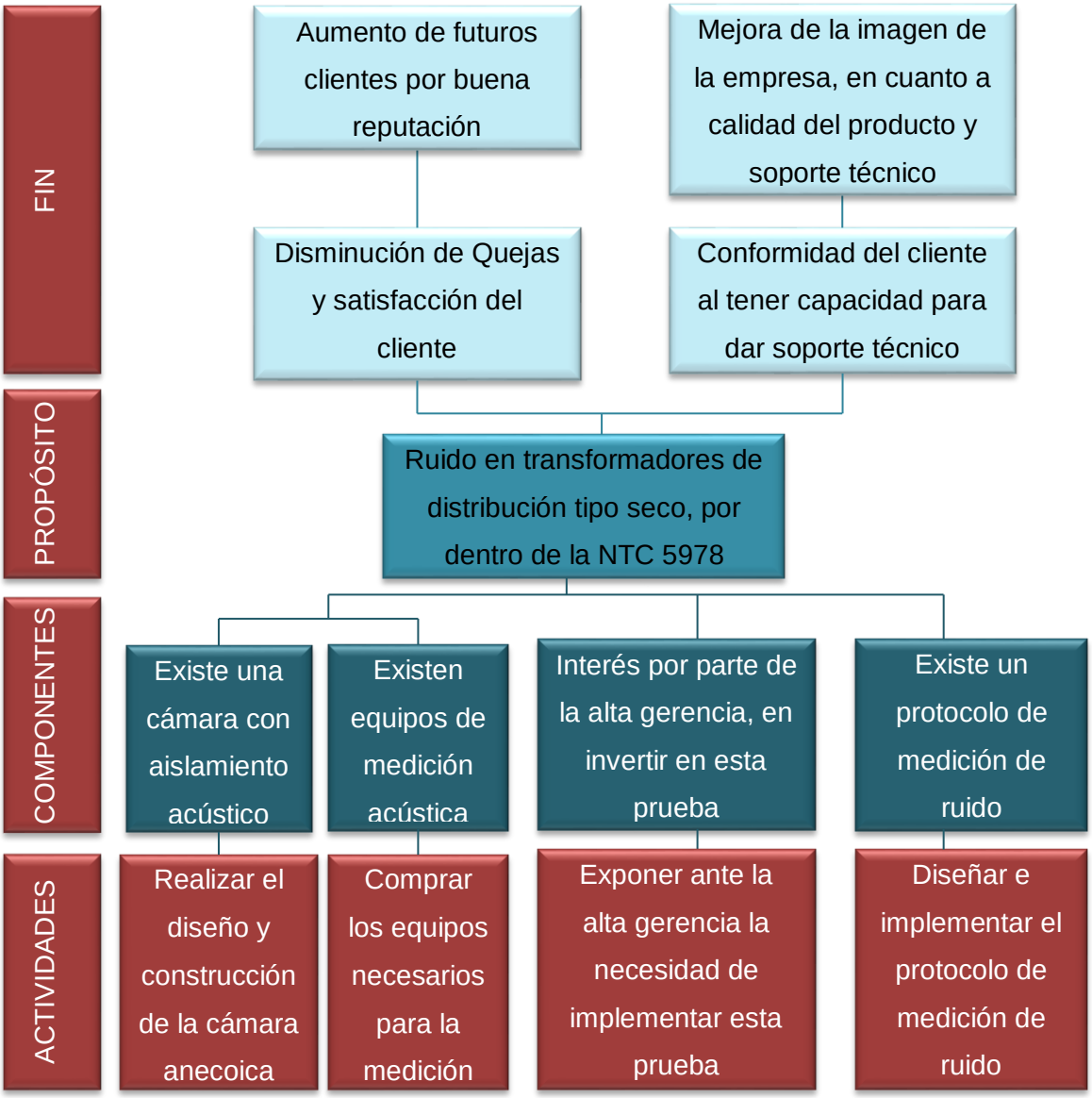
	Alternativa			
Aspecto	**a**	**b**	**c**	**d**
- **Atractivo de inversión**	4	2	3	1
- **Aprovechamiento de los recursos de la empresa**	5	4	2	1
- **Facilidad de llevar a cabo**	4	4	5	5
- **Tiempo requerido para empezar a realizar la prueba**	4	3	4	5
- **Incentivos financieros**	4	2	2	1
Valoración promedio	**4,2**	**3**	**3,2**	**2,6**

Fuente: Elaboración propia

Según la calificación y los valores promedio obtenidos, la alternativa **a** es la que tiene mejor comportamiento con respecto a los parámetros evaluados, donde su mejor posicionamiento lo obtiene en el aprovechamiento de los recursos de la empresa y el atractivo de inversión. Se escogerá como mejor alternativa la **a** para el desarrollo del presente trabajo.

2.6 ESTRUCTURA ANALÍTICA DEL PROYECTO

Figura 8. Estructura analítica del proyecto



Fuente: Elaboración propia a partir de la metodología del Marco Lógico (ORTEGÓN, PACHECO & PRIETO, 2005)

2.7 RESUMEN NARRATIVO DE OBJETIVOS Y ACTIVIDADES

A continuación, se presenta el resumen narrativo de objetivos y actividades, una vez realizada la evaluación de la columna de objetivos:

Tabla 6. Resumen de objetivos

Resumen narrativo de objetivos	
FIN	Aumento de futura clientela debido a una buena reputación, producto de la reducción en quejas y/o reclamos y aumento de satisfacción del cliente
	Conformidad del cliente al tener capacidad para dar soporte técnico
PROPÓSITO	Ruido en transformadores de distribución tipo seco, por dentro de la Norma NTC 5978
COMPONENTES	Existencia de una cámara anecoica y equipos de medición para llevar a cabo la prueba
	Interés por parte de la alta gerencia, en la inversión de esta prueba
	Existencia de un protocolo de medición de ruido, que se integre a las políticas y procedimientos de la empresa
ACTIVIDADES	Realizar el diseño y construcción de la cámara anecoica
	Comprar los equipos necesarios para la medición
	Exponer ante la alta gerencia la necesidad de implementar esta prueba
	Diseñar e implementar el protocolo de medición de ruido, incluido al proceso misional de campo de pruebas

Fuente: Elaboración propia a partir de la metodología del Marco Lógico (ORTEGÓN, PACHECO & PRIETO, 2005)

2.8 INDICADORES

Se plantean indicadores claros, prácticos y sensibles al cambio; que permitan visualizar el desarrollo de los objetivos planteados. Después de establecer los indicadores para el fin, propósito, componentes y actividades; se revisan de acuerdo a los criterios establecidos en la metodología:

Tabla 7. Revisión de criterios para indicadores

	Indicadores	Meta				
		Cantidad ¿Cuánto?	Calidad ¿De qué tipo?	Tiempo ¿Cuándo?	Lugar ¿Dónde?	Grupo Social ¿Para quién?
FIN	Aumento desde hasta el 5% en ventas de transformadores tipo secos	5%	Transformadores tipo secos	2 años	A nivel nacional	Sectores que utilizan transformadores
FIN	Aumento de hasta un 81% en la conformidad del producto, vistas en las encuestas de satisfacción del cliente	81%	Encuesta de satisfacción	2 años	A nivel nacional	Sectores que utilizan transformadores
PROPÓSITO	Disminución de hasta un 5% en la relación de transformadores que no cumplen la normatividad vs transformadores probados	5%	Transformadores tipo secos	2 años	A nivel nacional	Sectores que utilizan transformadores

COMPONENTES	Construir una cámara anecoica en 1 año, con las normas vigentes	1	Cámara anecoica	1 año	Sede Mosquera	Nacional de transformadores
	Realizar 4 reuniones en el año, evaluando los indicadores propuestos	4	Reuniones trimestrales	1 año	Sede Mosquera	Nacional de transformadores
	Integrar el protocolo de medición de ruido, que se integre a las políticas y procedimientos de la empresa	1	Documentos de la empresa y del Laboratorio	2 meses	Sede Mosquera	Nacional de transformadores
ACTIVIDADES	Realizar el diseño de la cámara anecoica	1	Diseño técnico	2 meses	Sede Mosquera	Nacional de transformadores
	Comprar materiales para construir la cámara anecoica	5	Materiales	1 año	Sede Mosquera	Nacional de transformadores
	Comprar los equipos necesarios para la medición	0	Equipos de medición	1 año	Sede Mosquera	Nacional de transformadores
	Realizar 4 capacitaciones ante la alta gerencia, exponiendo la necesidad de implementar la prueba de ruido	4	Capacitación de beneficios	2 meses	Sede Mosquera	Nacional de transformadores
	Diseñar el protocolo de medición de ruido e incluido al proceso misional de campo de pruebas	1	Procedimiento de la prueba de ruido	1 año	Sede Mosquera	Nacional de transformadores

Fuente: Elaboración propia a partir de la metodología del Marco Lógico (ORTEGÓN, PACHECO & PRIETO, 2005)

Tabla 8. Selección de indicadores

	Indicador	Clasificación					Puntaje total	Selección
		A	B	C	D	E		
FIN	Aumento de hasta el 5% en ventas de transformadores tipo secos	1	1	1	1	1	5	OK
	Aumento de hasta un 81% en la conformidad del producto, vistas en las encuestas de satisfacción del cliente	1	1	1	1	1	5	OK
PROPÓSITO	Disminución de hasta un 5% en la relación de transformadores que no cumplen la normatividad vs transformadores probados	1	1	1	1	1	5	OK
COMPONENTES	Construir una cámara anecoica en 1 año, con las normas vigentes	0	1	1	1	1	4	OK
	Realizar 4 reuniones en el año, evaluando los indicadores propuestos	0	1	1	1	1	4	OK
	Integrar el protocolo de medición de ruido, que se integre a las políticas y procedimientos de la empresa	0	1	1	1	1	4	OK
ACTIVIDADES	Elaborar el diseño de la cámara anecoica	1	1	1	1	1	5	OK
	Comprar materiales para construir la cámara anecoica	1	1	1	1	1	5	OK
	Cotizar y comprar los equipos necesarios para la medición	1	1	1	1	1	5	OK
	Realizar 4 capacitaciones ante la alta gerencia, exponiendo la necesidad de implementar la prueba de ruido	1	1	1	1	1	5	OK
	Diseñar el protocolo de medición de ruido e incluido al proceso misional de campo de pruebas	1	1	1	1	1	5	OK

Fuente: Elaboración propia a partir de la metodología del Marco Lógico (ORTEGÓN, PACHECO & PRIETO, 2005)

2.8.1 MEDICIÓN DE INDICADORES

Los resultados de los indicadores escogidos serán la muestra de la influencia que tendrá el presente proyecto planteado: Estudio de implementación de la prueba de ruido para transformadores de distribución tipo seco. Caso de estudio, Nacional de Transformadores S.A.S.

2.9 MEDIOS DE VERIFICACIÓN

Tabla 9. Métodos de verificación por indicador

	Resumen narrativo de objetivos	Indicadores	Métodos de verificación			
			Fuente de Información	Método de Recolección	Método de Análisis	Frecuencia de Recolección
FIN	Aumento de futura clientela debido a una buena reputación, producto de la reducción en quejas y/o reclamos y aumento de satisfacción del cliente	Aumento de hasta el 5% en ventas de transformadores tipo secos	Registro de Ventas	Reunión con el departamento de ventas	Comparar con años anteriores	Anual
	Conformidad del cliente al tener capacidad para dar soporte técnico	Aumento de hasta un 81% en la conformidad del producto, vistas en las encuestas de satisfacción del cliente	Registro de Quejas y Reclamos	Reunión con el departamento de Q y R	Comparar con años anteriores	Anual

PROPÓSITO	Ruido en transformadores de distribución tipo seco, por dentro de la Norma NTC 5978	Disminución de hasta un 5% en la relación de transformadores que no cumplen la normatividad vs transformadores probados	Registro de Transformadores probados	Reunión con el departamento de Laboratorio	Comparar con años anteriores	Anual
COMPONENTES	Existencia de una cámara anecoica y equipos de medición para llevar a cabo la prueba	Construir una cámara anecoica en 1 año, con las normas vigentes	Cámaras anecoicas construidas	Internet Universidades Colciencias	Verificar datos	1 año
	Interés por parte de la alta gerencia, en la inversión de esta prueba	Realizar 4 reuniones en el año, evaluando los indicadores propuestos	Informes de seguimiento	Reunión con la alta gerencia	Verificar datos	Trimestral
	Existencia de un protocolo de medición de ruido, que se integre a las políticas y procedimientos de la empresa	Integrar el protocolo de medición de ruido, que se integre a las políticas y procedimientos de la empresa	Documentos procedimiento de la empresa	Bases de datos de la empresa	N.A.	2 meses
ACTIVIDADES	Realizar el diseño y construcción de la cámara anecoica	- Elaborar el diseño de la cámara anecoica - Comprar materiales para construir la cámara anecoica	Diseño y materiales en cámaras anecoicas	Internet Universidades Colciencias	Verificar datos	2 meses
	Comprar los equipos necesarios para la medición	Cotizar y comprar los equipos necesarios para la medición	Empresas Proveedores	Cotizaciones Internet	N.A.	1 año
	Exponer ante la alta gerencia la necesidad de implementar esta prueba	Realizar 4 capacitaciones ante la alta gerencia, exponiendo la necesidad de implementar la prueba de ruido	Registros actuales	Reunión con la alta gerencia	Verificar datos	2 meses

	Diseñar e implementar el protocolo de medición de ruido, incluido al proceso misional de campo de pruebas	Diseñar el protocolo de medición de ruido e incluido al proceso misional de campo de pruebas	Protocolos de ruido realizados en empresas	Internet Universidades Colciencias Empresas	Verificar datos	1 año

Fuente: Elaboración propia a partir de la metodología del Marco Lógico (ORTEGÓN, PACHECO & PRIETO, 2005)

2.10 SUPUESTOS

A continuación, se relacionan los factores externos que están por fuera de control del proyecto:

Tabla 10. Resumen de Supuestos

FIN	- Apoyo y compromiso del gobierno para apoyar las PYME (Riesgo político) - Variación del dólar (Riesgo financiero)	- Inundaciones por lluvias torrenciales (Riesgo Ambiental) - Pandemia (Riesgo social)
PROPÓSITO	- Factores climáticos de la ciudad (Riesgo Ambiental)	- Cambios en la normatividad vigente (Riesgo Legal)
COMPONENTES	- Apoyo y compromiso del gobierno para apoyar las PYME (Riesgo político) - Variación del dólar (Riesgo financiero) - Crisis financiera de la empresa (Riesgo financiero)	- Cambios en la normatividad vigente (Riesgo Legal) - Cambio en políticas de importación (Riesgo político) - Pandemia (Riesgo social)
ACTIVIDADES	- Crisis financiera de la empresa (Riesgo financiero) - Variación del dólar (Riesgo financiero) - Pandemia (Riesgo social)	- Cambios en la normatividad vigente (Riesgo Legal) - Aparición de nuevas tecnologías que generen mayor interés (Riesgo social)

Fuente: elaboración propia a partir de la metodología del Marco Lógico (ORTEGÓN, PACHECO & PRIETO, 2005)

2.11 MATRIZ DE MARCO LÓGICO

Por último, de acuerdo a la metodología expuesta (ORTEGÓN, PACHECO & PRIETO, 2005), se conforma el marco lógico:

Tabla 11. Marco Lógico

	Resumen narrativo de objetivos	Indicadores	Métodos de verificación	Supuestos
FIN	Aumento de futura clientela debido a una buena reputación, producto de la reducción en quejas y/o reclamos y aumento de satisfacción del cliente	Aumento de hasta el 5% en ventas de transformadores tipo secos	Registro de Ventas	- Apoyo y compromiso del gobierno para apoyar las PYME. - Variación del dólar estable - Inundaciones por lluvias torrenciales - Pandemia
	Conformidad del cliente al tener capacidad para dar soporte técnico	Aumento de hasta un 81% en la conformidad del producto, vistas en las encuestas de satisfacción del cliente	Registro de Quejas y Reclamos	
PROPÓSITO	Ruido en transformadores de distribución tipo seco, por dentro de la Norma NTC 5978	Disminución de hasta un 5% en la relación de transformadores que no cumplen la normatividad vs transformadores probados	Registro de Transformadores probados	- Factores climáticos de la ciudad - Cambios en la normatividad vigente

COMPONENTES	Existencia de una cámara anecoica y equipos de medición para llevar a cabo la prueba	Construir una cámara anecoica en 1 año, con las normas vigentes	Cámaras anecoicas construidas	- Crisis financiera de la empresa - Cambio en políticas de importación
	Interés por parte de la alta gerencia, en la inversión de esta prueba	Realizar 4 reuniones en el año, evaluando los indicadores propuestos	Informes de seguimiento	
	Existencia de un protocolo de medición de ruido, que se integre a las políticas y procedimientos de la empresa	Integrar el protocolo de medición de ruido, que se integre a las políticas y procedimientos de la empresa	Documentos procedimiento de la empresa	
ACTIVIDADES	Realizar el diseño y construcción de la cámara anecoica	- Elaborar el diseño de la cámara anecoica - Comprar materiales para construir la cámara anecoica	Diseño y materiales en cámaras anecoicas	- Aparición de nuevas tecnologías que generen mayor interés
	Comprar los equipos necesarios para la medición	Cotizar y comprar los equipos necesarios para la medición	Empresas Proveedores	
	Exponer ante la alta gerencia la necesidad de implementar esta prueba	Realizar 4 capacitaciones ante la alta gerencia, exponiendo la necesidad de implementar la prueba de ruido	Registros actuales	
	Diseñar e implementar el protocolo de medición de ruido, incluido al proceso misional de campo de pruebas	Diseñar el protocolo de medición de ruido e incluido al proceso misional de campo de pruebas	Protocolos de ruido realizados en empresas	

Fuente: Elaboración propia a partir de la metodología del Marco Lógico (ORTEGÓN, PACHECO & PRIETO, 2005)

3 ANÁLISIS DEL MERCADO

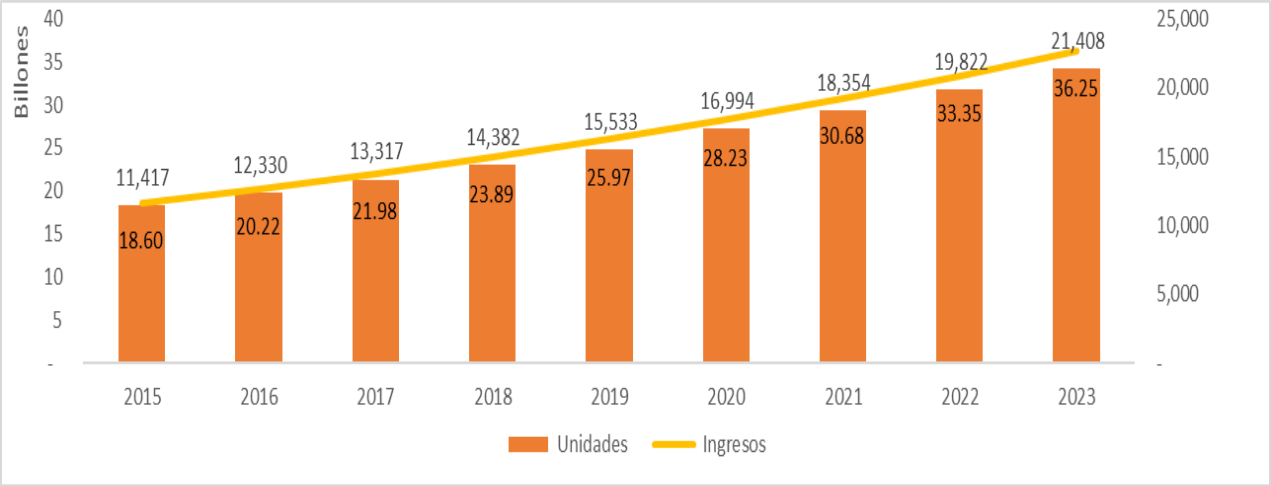
3.1 DIAGNÓSTICO SECTORIAL:

A continuación, se muestra una descripción del mercado Internacional y Nacional, en donde se expondrán los principales competidores, potenciales clientes y las variables que intervienen en el mercado.

3.1.1 DIAGNÓSTICO INTERNACIONAL:

El mercado global de los transformadores se ha estimado en 11,417 unidades de embarque para el 2015 y se proyecta un crecimiento de 5.9% desde el 2015 al 2020, por ende la venta estimada al 2020 será de 16,994 unidades de embarque. En términos de ingresos, el mercado mundial tiene la expectativa de crecer de $18.60 billones en el 2015 a $28.23 billones en el 2020; es decir, un crecimiento de 6.2%. En cuanto a las ventas por tipo de producto, el mercado para 100 MVA a 500 MVA es de aproximadamente 73.8%, para el siguiente nivel 501 MV a 800 MVA se estima 17.6% y finalmente para el rango de 801 MVA a 1200 MVA se estima 8.6% (PUCP, 2020).

***Gráfica 6*. Crecimiento Internacional de Transformadores**



Fuente: elaboración propia con relación a los datos expuestos.

3.1.1.1 PRINCIPALES EMPRESAS INTERNACIONALES:

Las principales empresas dedicadas a la elaboración, distribución y exportación de Transformadores Secos son:

Tabla 12. Principales Empresas Internacionales

Nombre de la Empresa	Años de Experiencia	Cobertura	Descripción
Schneider Electric	184 Años	Más de 100 Paises	Es una compañía europea que opera a nivel mundial. Sus principales actividades se centran en la industria pesada y en la eléctrica, más concretamente en la transformación digital en el mundo de la gestión de la energía, la automatización en los edificios, hogares, infraestructuras e industrias.
legrand®	116 Años	Más de 100 Paises	En 2011, la empresa fue el mayor productor mundial de interruptores y enchufes, con el 20% del mercado mundial, y en la gestión de cables el 15%. El grupo también está ampliando su gama de productos en desarrollo sostenible y tecnologías de ahorro energético, y ha desarrollado nuevos productos para instalaciones fotovoltaicas y control de iluminación.
ABB	60 Años	Más de 100 Paises	Es una corporación multinacional, cuya sede central queda en Zürich, Suiza y cuyos mayores negocios son los de tecnologías en generación de energía eléctrica y en automatización industrial. ABB opera en más de cien países y emplea a más de 135 000 personas.

Fuente: elaboración propia

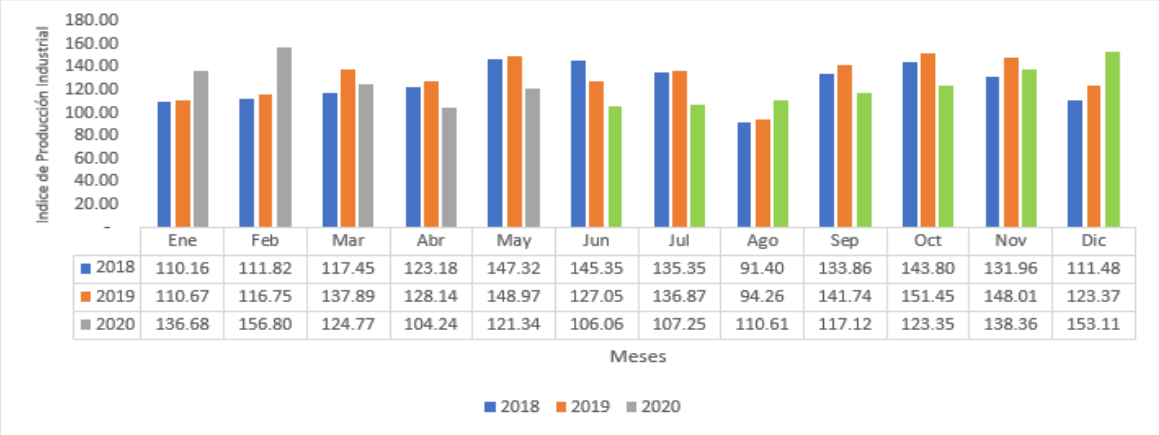
3.1.2 DIAGNÓSTICO INTERNACIONAL:

En los últimos años el Índice de Producción Industrial (IPI), muestra que el mercado tuvo un crecimiento del 2018 al 2019 del 4.13%, para este año 2020 se presenta un comportamiento con tendencia positiva del 0.22% en el sector de la fabricación de motores, generadores y trasformadores. Los datos entregados por el DANE se muestran hasta el mes de mayo 2020, por lo tanto, se realiza la proyección el resto del año. Encontrando que posiblemente el mercado tenga un decrecimiento global del 5% aprox.

Cabe resaltar que el Sector Industrial se ha visto impactado fuertemente por la pandemia a Nivel Mundial del Covid-19, de acuerdo con el Departamento Nacional de Estadística (DANE), la producción real de la industria presentó una variación de -8,9% en el mes de marzo 2020 frente al 2019. El ente estadístico oficial también informó que las ventas reales tuvieron un comportamiento de -8,2 por ciento y el personal ocupado de registró

una caída de 2,7 por ciento, cifras que comparadas con periodos similares de años anteriores están muy por debajo (EL TIEMPO, 2020).

Gráfica 7. Comportamiento de IPI – Fabricación de Motores, Generadores y Transformadores



	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2018	110.16	111.82	117.45	123.18	147.32	145.35	135.35	91.40	133.86	143.80	131.96	111.48
2019	110.67	116.75	137.89	128.14	148.97	127.05	136.87	94.26	141.74	151.45	148.01	123.37
2020	136.68	156.80	124.77	104.24	121.34	106.06	107.25	110.61	117.12	123.35	138.36	153.11

Fuente: DANE

3.1.2.1 PRINCIPALES EMPRESAS INTERNACIONALES:

En el mercado colombiano se presentan múltiples empresas dedicadas a este sector, algunas de ellas cuentas con gran experiencia y se caracterizan por su innovación, diseño y versatilidad en el sector. Así mismo, se cuenta con un gran número de empresas extranjeras como: Schneider Electric, Legrand y ABB.

Tabla 13. Principales Empresas Nacionales

Nombre de la Empresa	Años de Experiencia	Casa Matriz	Descripción
ABC Transformadores E Ingeniería Electromecánica	20 Años	Bogotá	ABC Transformadores e Ingeneria Electromecanica; empresa con más de veinte años de experiencia en la fabricación, reparación, mantenimiento y alquiler de transformadores de distribución y de potencia; secos y en aceite.
TESLA TRANSFORMADORES	33 Años	Mosquera	Nacional de Transformadores S.A.S - TESLA es 100% una realidad de la industria eléctrica colombiana desde hace 33 años que se especializa en el diseño y fabricación de transformadores tipo seco abierto y encapsulados en resina, con capacidad de fabricación hasta 5 MVA en aislamiento clase H y clase F en niveles de tensión hasta 36 KV.
TRANSFORMADORES EL WATTIO	40 Años	Bogotá	Se inició en con la fabricación de pequeños transformadores monofásicos de baja tensión, estabilizadores de 300 w en núcleo saturado. Unos años más tarde amplio su línea de Fabricación a transformadores monofásicos secos de baja tensión hasta 10 KVA. Y la fabricación de transformadores trifásicos secos en baja tensión hasta 100 KVA.
Rymel Con nosotros desde 1977	43 Años	Medellín	Fundada en 1977 con el nombre de Rymel, nació como una planta reparadora de transformadores de distribución. Más adelante, gracias a la experiencia y a los análisis de resultados recopilados de innumerables reparaciones se inicia la fabricación de transformadores de distribución serie 15 KV.
TRACOL TRANSFORMADORES DE COLOMBIA S.A.	50 Años	Barranquilla, Cali	Es una Organización del sector eléctrico dedicada a la fabricación, reparación y mantenimiento de transformadores de distribución y potencia, al desarrollo de pruebas a equipos y materiales eléctricos, así como al mantenimiento integral de subestaciones eléctricas.

Fuente: elaboración propia

3.2 DELIMITACIÓN DEL MERCADO:

Se realizó una evaluación de las partes interesadas o stakeholders que intervienen en la Oferta y Demanda de los Transformadores Secos, en donde el mercado objetivo se concentra principalmente en el Sector Industrial con una ponderación superior al 50%. Ya que es este sector donde se compran, venden, instalan y se prestan diferentes servicios.

Este proyecto tiene un alcance a Nivel Nacional en Colombia y tiene aplicabilidad para los Fabricantes, Distribuidores y Prestadores de Servicio. Adicionalmente, este tipo de productos cuentan con una apertura fácil en el mercado exterior, por lo que las exportaciones pueden incrementar el volumen y la utilidad de una empresa.

Tabla 14. Delimitación del Mercado

MERCADO SEGMENTADO			
Producto Dirigido A:	**Ubicación de los Interesados**	**Tipo de Cliente**	**Actividad Economica**
Sector Industrial	Nivel Nacional - Colombia	Fabricante, Distribuidor y Prestador del Servicio	Industria
Sector de la Construcción		Prestador del Servicio	Construcción
Sector de la Salud		Prestador del Servicio	Salud
Laboratorios		Distribuidor y Prestador del Servicio	Industria
Fabricantes		Fabricante	Industria
Organismos Reguladores		Distribuidor y Prestador del Servicio	Industria

Fuente: elaboración propia

3.3 PRODUCTOS SUSTITUTOS:

Los productos sustitutos para los Transformadores Secos, son los Transformadores en Aceite. Estos transformadores son fabricados en potencias que van desde los 100 hasta los 2,500 KVA y las mismas tensiones que el trasformador de distribución.

Su aplicación es en edificios, industrias y toda actividad que requiera de un suministro intensivo de energía eléctrica; aunque ya no utiliza materiales inflamables, su uso se extiende a industrias especializadas, laboratorios y hospitales en donde existe una reglamentación que prohíba usar objetos o elementos que puedan provocar un incendio.

3.4 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL FRENTE A LA COMPETENCIA:

Para realizar un análisis de la situación actual, se determinaron los Factores Críticos de Éxito (FCE), que son variables que la gerencia puede influenciar a través de las decisiones, con el propósito de afectar significativamente la posición competitiva global de las firmas en una industria. Estos factores se miden por medio de la matriz de perfil competitivo (MPC), en donde se identifican los competidores de la organización. A cada uno de los factores se les asigna un peso y a la empresa líder y los competidores se califican de 1-4. Siendo:

- ✓ 1, cuando la empresa observa el FCE, pero no necesita una gran gestión para mantenerlo.
- ✓ 2, un FCE de importancia relativa.
- ✓ 3, un FCE de gran importancia.
- ✓ 4, cuando la empresa ejerce una vigilancia y control permanentemente sobre esta actividad, asigna un responsable para su eficacia y determina unos índices de logro y tolerancia.

A continuación, se muestra en la Tabla 15. la matriz de perfil competitivo para la empresa Nacional de Transformadores S.A.S. en donde una de las empresas que lidera en el sector es Tracol, sin embargo, el líder en la fabricación de transformadores

secos puede variar según el tipo de clientes y algunos de sus competidores son: Transformadores El Wattio y Rymel, todos ubicados a Nivel Nacional.

Se puede observar que la empresa tiene oportunidades de mejora en la Instalación de los equipos, ya que algunas veces se dificulta el traslado y transporte de los mismos. También la empresa presenta costos elevados debido a los materiales usados de gran calidad.

Tabla 15. Matriz de Perfil Competitivo (MPC)

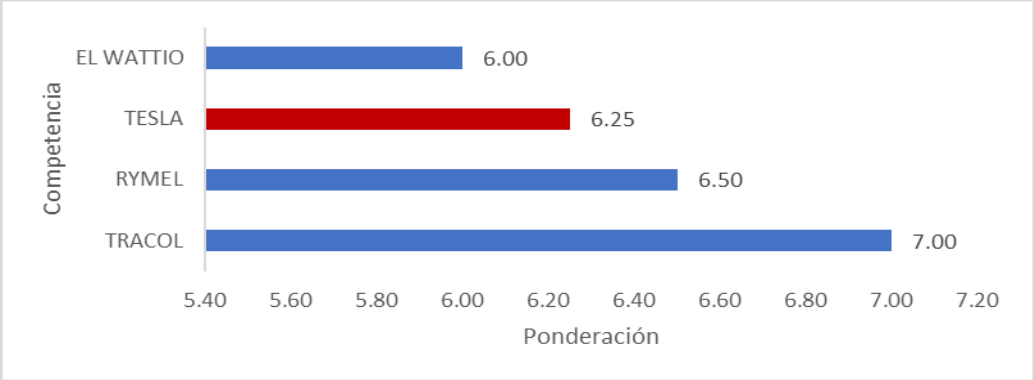
Factores Críticos de Éxito (FCE)	Peso	TESLA TRANSFORMADORES		TRACOL		TRANSFORMADORES EL WATTIO		Rymel	
		Cal.	Pond.	Cal.	Pond.	Cal.	Pond.	Cal.	Pond.
1. Calidad	25%	4	1.00	4	1.00	4	1.00	4	1.00
2. Experiencia	20%	4	1.00	4	1.00	4	1.00	4	1.00
3. Mantenimiento	15%	4	1.00	4	1.00	3	0.75	4	1.00
4. Instalación	15%	3	0.75	4	1.00	3	0.75	3	0.75
5. Diversificación	10%	4	1.00	4	1.00	4	1.00	4	1.00
6. Competitividad en Precios	10%	3	0.75	4	1.00	3	0.75	4	1.00
7. Innovación	5%	3	0.75	4	1.00	3	0.75	3	0.75
TOTAL	100%		6.25		7.00		6.00		6.50

*Cal=Calificación, Pond=Ponderación

Fuente: elaboración propia

En cuanto a la Innovación, la empresa está modernizando sus diseños para ampliar su portafolio de productos, apoyados en la Tecnología y una mano de obra calificada.

Gráfica 8. Ponderación (MPC)



Fuente: elaboración propia

3.5 ANÁLISIS DE LAS ENCUESTAS:

A continuación, se presentan las preguntas y los resultados de forma individual del cuestionario realizado a funcionarios de la empresa Nacional de Transformadores S.A.S

El tamaño de la muestra fue de 30 personas. En donde se consideró personal Administrativo y Operativo. A continuación, se presenta la ficha técnica sobre la recolección de datos.

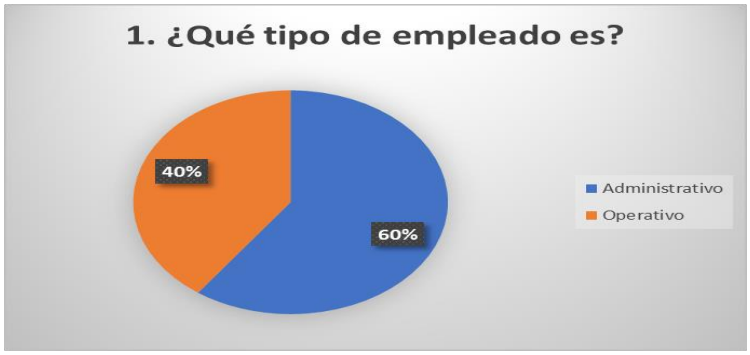
Tabla 16. Ficha Técnica – Recolección de Datos

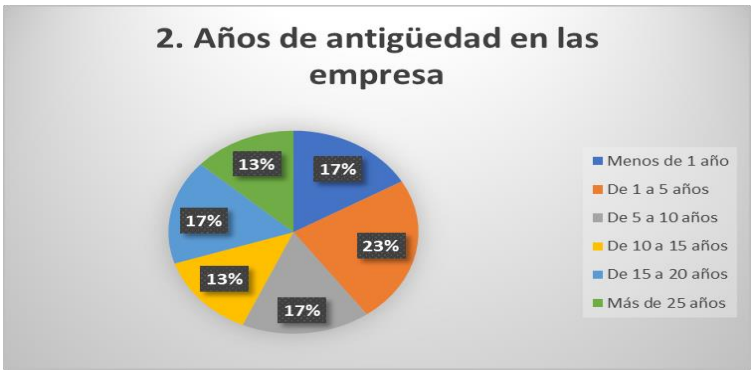
Ficha Técnica	
Personas Encuestadas:	Colaboradores Nacional de Transformadores S.A.S
Ámbito de Estudio:	Google Forms - Virtual
Estructura y Diseño del Cuestionario:	Elaboración Grupo de Trabajo
Tamaño de la Muestra:	30 Colaboradores
Fecha de Aplicación:	|Agosto 2020
Responsables sobre el análisis de la información:	Grupo de Trabajo

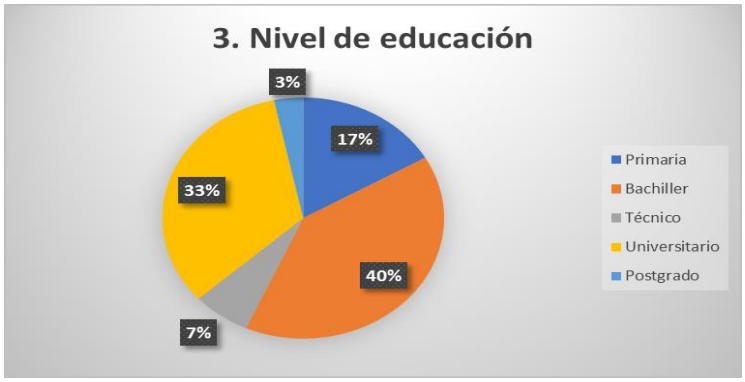
Fuente: elaboración propia

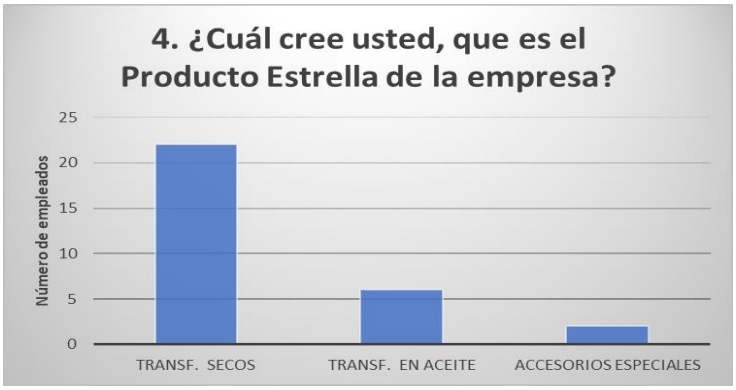
El objetivo de la encuesta es conocer las percepciones del personal sobre los productos de la compañía, asi como la identificación de las Fortalezas y Debilidades que tiene la empresa. De este modo, los colaboradores pueden aportar sus conocimientos al desarrollo de nuevas estrategias en el mercado. La encuesta nos permite conocer su antigüedad, su nivel de estudio, pero lo más importante es identificar las diversas opiniones de los colaboradores al desarrollo de la compañía en Calidad, Marca y Diversidad de Productos.

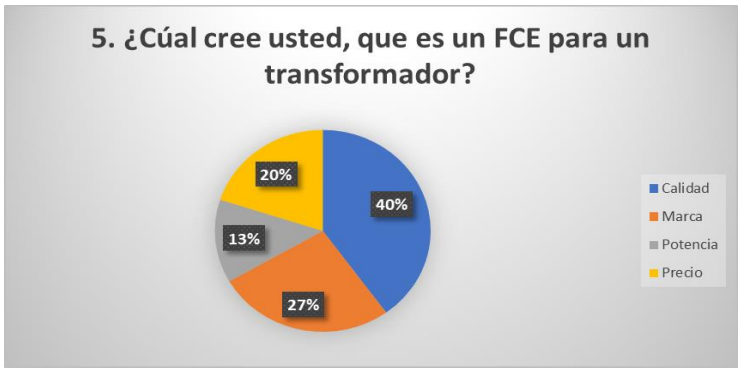
Gráfica 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15 y 16. Resultados de la Encuestas

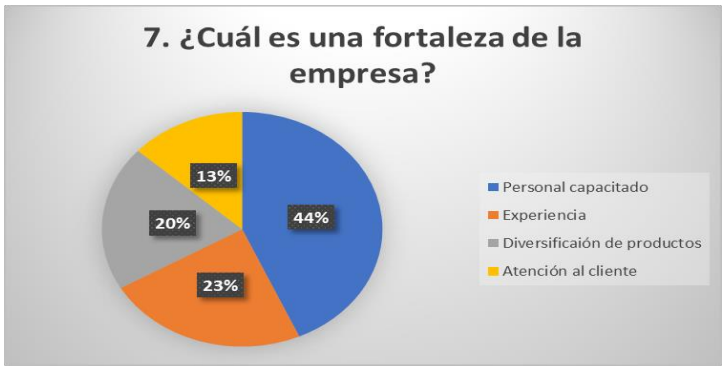












Fuente: elaboración propia

3.6 ANÁLISIS DE LA DEMANDA:

Para realizar el cálculo de las proyecciones en ventas para los Transformadores Secos, se tuvo en cuenta los ingresos anuales históricos por ventas desde el año 2015 al 2019 para la empresa Nacional de Transformadores S.A.S. En donde se tuvo un ingreso neto de más de 18 Millones de pesos para este periodo de tiempo. El año con mayor participación fue el 2017 con un 25.04%, seguido del 2015 con un 21.00% (Emis Professional, 2020).

De acuerdo con el comportamiento del mercado, con la aplicación del proyecto se espera un crecimiento en ventas del 5%, por lo tanto, para el año 2021 se estiman unos ingresos netos del 3.777 Millones de pesos.

Tabla 17. Ingresos Netos de la Empresa

Año	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Ingresos Netos Por Ventas	3,902	3,397	4,652	3,170	3,458	3,597	3,777	3,966	4,164	4,372	4,591

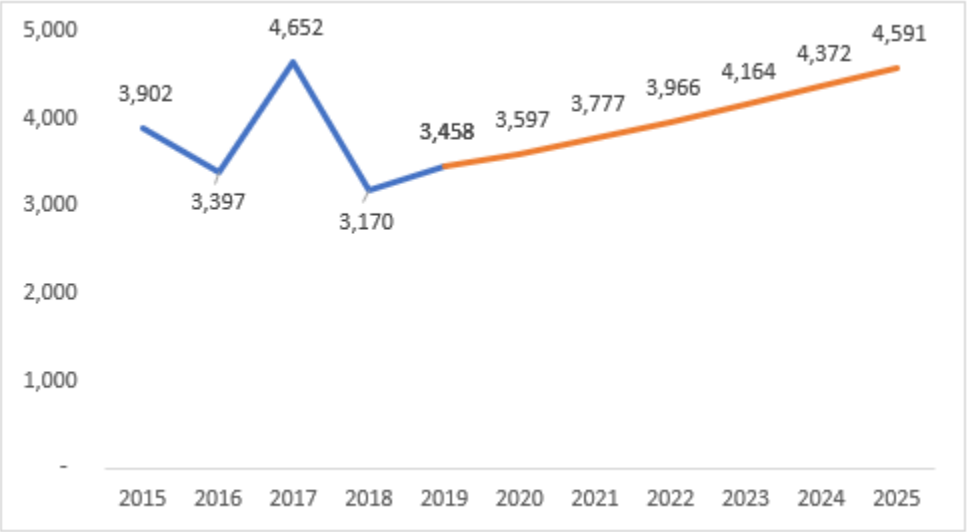
*Cifras en Millones de Pesos

Fuente: Emis Professional

Así mismo se debe realizar una fuerte campaña de Marketing con un plan de ventas estratégico que satisfaga la necesidad de los clientes en todo sentido, así mismo se reducirán las inconformidades presentadas por los clientes por la generación de ruido de los transformadores secos, siendo una oportunidad de mejora de gran impacto.

A continuación, se muestra gráficamente la proyección de los ingresos entre el 2021 y el 2015, en donde se espera un ingreso neto acumulado de más de 20 Millones de pesos; obteniendo un crecimiento del 15.07% en comparación con los 5 años anteriores.

Gráfica 17. Proyección de Ingresos Netos



*Cifras en Millones de Pesos

Fuente: Emis Professional

Este crecimiento se articula con una reducción de costos interna, sin dejar de lado la calidad del producto y así ofrecer precios más competitivos que permitan la accesibilidad y preferencia de los clientes hacia la marca.

4 ESTUDIO LEGAL Y AMBIENTAL

El presente proyecto se rige bajo la normatividad vigente en Colombia (RETIE-NTC) e internacional (ANSI-IEC) para la fabricación de Transformadores; las Normas correspondientes se listan en la siguiente tabla:

Tabla 18. Normograma

NORMA	ORIGEN	TÍTULO	Año
NTC 1954	ICONTEC	Electrotecnia. Transformadores reconstruidos y reparados. Requisitos	1996
NTC 1358	ICONTEC	Protocolo de pruebas para transformadores	1988
NTC 317	ICONTEC	Electrotecnia. Transformadores de potencia y distribución. Terminología	1998
NTC 2743	ICONTEC	Electrotecnia. Campos de prueba para transformadores. Requisitos mínimos y clasificación	1997
NTC 3654	ICONTEC	Transformadores de potencia tipo seco	2003
NTC 380	ICONTEC	Transformadores eléctricos. Ensayos eléctricos. Generalidades.	2018
GTC 71	ICONTEC	Guía para la reclamación de garantías de transformadores.	2000
NTC 5978	ICONTEC	Electrotecnia. transformadores monofásicos y trifásicos valores de referencia de los niveles de emisión sonora	2013

NTC 5979	ICONTEC	Electrotecnia. Transformadores monofásicos y trifásicos. Determinación de los niveles de presión sonora, intensidad sonora y potencia sonora.	2013
RETIE	MINISTERIO DE MINAS Y ENERGÍA	Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas	2013
ISO/IEC 17025	ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DE NORMALIZACIÓN	Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración	2017

Fuente: elaboración propia a partir de Comité NTC Documento "CTN 130 – Transformadores Eléctricos" (ICONTEC, 2012)

5 INGENIERIA DEL PROYECTO

5.1 ESTUDIO TÉCNICO

5.1.1 TIPOS DE EQUIPOS UTILIZADOS PARA LA MEDICIÓN DE RUIDO

De acuerdo a la normatividad vigente frente a los niveles de ruido permitidos para transformadores eléctricos y las pruebas de ruido que se realizan; existen distintos tipos de instrumentos con los cuales se pueden ejecutar. Entre los instrumentos más destacados se encuentran los siguientes: (Universidad del País Vasco, 2003 - 2020)

- Sonómetro: este instrumento responde a emisiones de sonido de manera direccional, usando un micrófono para captar dichas señales sonoras. La medición que realiza, la realiza a través de presión sonora cuadrática usando el micrófono, un amplificador y filtros de frecuencia.
- Analizador de frecuencia: el analizador de frecuencias permite analizar sonidos provenientes de distintas fuentes. Los sonidos pueden ser diferenciados por la frecuencia del mismo y así ser analizados sus niveles.
- Dosímetro: el dosímetro es un instrumento que permite analizar el nivel de sonido de una fuente y acumular dicha exposición sonora a lo largo del tiempo para calcular los niveles en diferentes periodos de tiempo (diario, semanal, etc.)

Estos instrumentos cumplen funciones similares y están permitidos por las normas IEC 60076-10, IEEE C.57.12.90 y NTC 5978 que enuncian los parámetros para realizar las pruebas de exposición sonora para transformadores eléctricos. Independientemente del instrumento a utilizar en el laboratorio propuesta para este proyecto, la construcción de la cámara anecoica cumple únicamente la función de aislar ruidos o fuentes externas de ruido, al momento de las pruebas. Sin embargo, para el presente estudio se utilizará un sonómetro, ya que se adecúa al método propuesto en la NTC 5979, es mucho más económico que los otros dos tipos de instrumentos y su calibración periódica la pueden hacer laboratorios nacionales, lo que reduce su costo de manutención.

5.1.2 DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA DE MEDIDA DEL NIVEL DE RUIDO EN TRANSFORMADORES TIPO SECOS CONFORME A LA NTC 5979

Dentro de las actividades de Nacional de Transformadores SAS se encuentra la fabricación de transformadores tipo secos clase H y clase F; conforme a los objetivos del presente proyecto se propone la implementación de la prueba del nivel de ruido en estos transformadores, esta prueba se debe realizar conforme a la Norma Técnica Colombiana NTC 5979 (ELECTROTECNIA. TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS Y TRIFÁSICOS. DETERMINACIÓN DE LOS NIVELES DE PRESIÓN SONORA, INTENSIDAD SONORA Y POTENCIA SONORA). Los parámetros fundamentales para entender y llevar a cabo la prueba, se mostrarán de forma resumida a continuación (ICONTEC, 2013):

Tabla 19. Aspectos Fundamentales de la prueba de ruido en transformadores tipo secos (NTC 5979)

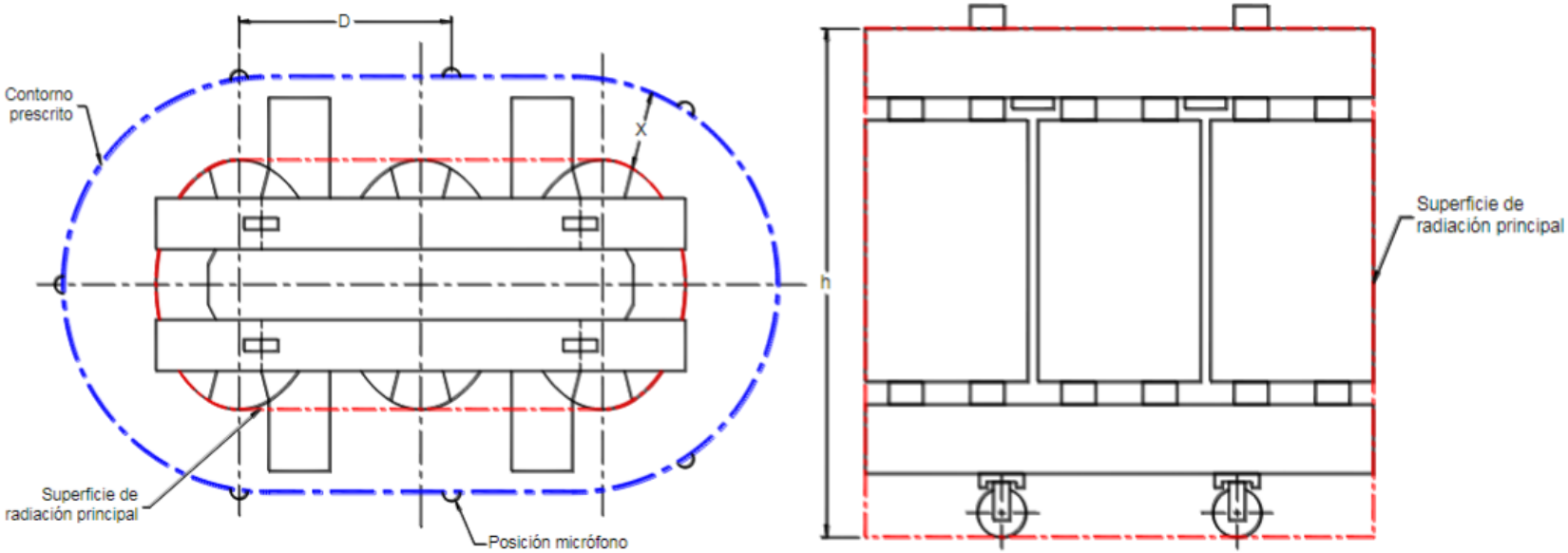
PARTE DE LA NORMA	DESCRIPCIÓN
1. OBJETO	"**1.2** Esta Norma aplica primordialmente para mediciones hechas en fábrica o en laboratorios con un recinto adecuado para tal fin…"
3. DEFINICIONES	"**3.1 Presión sonora (p):** Presión fluctuante sobrepuesta a la presión estática, por la presencia de sonido. Se expresa en Pascales (Pa)"
	"**3.2 Nivel de presión sonora (Lp):** Veinte veces el logaritmo en base diez de la relación de la presión sonora de referencia ($Po = 20 * 10^{-6} Pa$). El nivel de presión sonora se expresa en decibeles (dB). $Lp = 20 * \log(\frac{p}{po})$"

	"**3.3 Intensidad sonora (I):** Vector que describe la cantidad y dirección del flujo neto de energía sonora en un punto determinado. Se expresa en Wm^2"
	"**3.4 Intensidad sonora normal (In):** Componente de la intensidad sonora en la dirección normal a la superficie de medición."
	"**3.5 Nivel de Intensidad sonora normal (LI):** Diez veces el logaritmo en base diez de la relación entre la intensidad sonora normal y la intensidad sonora de referencia ($Io = 1 * 10^{-12} Wm^2$). El nivel de intensidad sonora se expresa en decibeles (dB). $$LI = 10 * Log(\frac{\lvert In \rvert}{Io})$$"
	"**3.6 Potencia sonora (W):** Rata a la cual la energía sonora es radiada por una fuente. La potencia sonora se expresa en Watts."
	"**3.7 Nivel de potencia sonora (LW):** Diez veces el logaritmo en base diez, de la relación de una potencia sonora dada, respecto a la potencia sonora base ($Wo = 1 * 12^{-12} W$). El nivel de potencia sonora se expresa en decibeles (dB). $$Lw = 10 * Log(\frac{W}{Wo})$$"
	"**3.8 Superficie de radiación principal:** Superficie hipotética que envuelve el objeto bajo prueba. Se asume que desde esta superficie es irradiado el sonido."
	"**3.9 Contorno prescrito:** Línea horizontal sobre la cual se localizan los puntos de medición. El contorno prescrito se separa una distancia predefinida (distancia de medición), de la superficie de radiación principal."
	"**3.10 Distancia de medición (X):** Distancia horizontal entre la superficie de radiación principal y la superficie de medición."

	"**3.11 Superficie de medición:** Superficie hipotética que envuelve la superficie de radiación principal y sobre la cual se ubican los puntos de medición."
	"**3.12 Ruido de fondo:** Nivel de presión sonora en ponderación A (dBA), medida en el sitio de prueba, cuando el transformador se encuentra desenergizado."
	"**3.13 Reverberación:** Fenómeno derivado de la reflexión del sonido consistente en una ligera prolongación del sonido una vez que se ha extinguido el original. Para que exista reverberación el retado de la onda reflejada no debe superar los 100 ms."
	"**3.14 Tiempo de reverberación:** Es el tiempo que transcurre en un determinado recinto, desde que se produce un determinado sonido, hasta que la intensidad de ese sonido disminuye a una millonésima de su valor original (60 dB). Este tiempo puede determinarse de manera experimental."
4. GENERALIDADES	"… La emisión del sonido audible del transformador depende en gran medida de su diseño, de las condiciones de carga, así como del sitio de operación."
5. INSTRUMENTACIÓN	"**5.1**… En el caso de transformadores secos se pueden emplear medidores de presión sonora Tipo 2, con filtro de ponderación A."
7. CONDICIONES DE OPERACIÓN	"La(s) condición(es) de operación del ensayo debe(n) ser acordada(s) previamente por comprador y fabricante…"

8. SUPERFICIE DE RADIACIÓN PRINCIPAL **8.1 GENERALIDADES**	"La definición de superficie de radiación principal depende del tipo de transformador, tipo de refrigeración auxiliar empleada y la posición relativa de esta respecto del transformador. En términos generales esta superficie sigue el contorno de una cuerda tensa alrededor de la periferia del transformador o su contenedor, puede incluir radiadores, enfriadores, tubos, compartimientos de interruptor y cámaras de terminales y se deben incluir los bujes y elementos de menor extensión como válvulas, medidores de aceite, termómetros, cajas de conducción y las protecciones por sobre la altura de la tapa."
8.4 TRANSFORMADORES SECOS SIN ENCERRAMIENTO	"El contorno de la superficie de radiación principal debe encerrar el transformador, excluyendo la estructura, los cables y conexiones externas, y otros aparatos adosados que no afecten la radiación sonora, la proyección vertical va desde la parte superior de la estructura del transformador a la base de la parte activa (ver figura 9)"

Figura 9. Transformador seco sin cerramiento



Fuente: NTC 5979 (ICONTEC, 2013).

9. CONTORNO PREESCRITO	"Para mediciones hechas en transformadores si refrigeración auxiliar o con refrigeración auxiliar fuera de servicio, el contorno preescrito debe separarse una distancia de 0,3 m de la superficie de radiación principal (distancia de medición X). Por razones de seguridad, en el caso de transformadores tipo seco sin encerramiento, esta distancia debe ser de 1 m"
	"Para transformadores cuya altura del tanque o encerramiento (h) sea menor a 2,5 m, se utiliza un solo contorno prescrito, a la mitad de la altura del tanque. Para transformadores cuya altura del tanque o encerramiento sea igual o superior a 2,5 m, se deben utilizar dos contornos prescritos, uno a cada tercio de la altura del tanque."

10. POSICIÓN DE LOS MICRÓFONOS	"El micrófono del equipo de medición debe posicionarse sobre el o los contornos prescritos. Todas las posiciones de medición adyacentes, sobre cada contorno prescrito, deben espaciarse aproximadamente a igual distancia (D); esta distancia no debe ser mayor a 1 m. En cualquier caso no pueden emplearse menos de seis (6) posiciones de medición por cada contorno prescrito." "Puede emplearse un equipo de medición promediador, con capacidad de almacenamiento de datos, en este caso el equipo de medición debe moverse alrededor del transformador, a velocidad constante, sobre cada contorno prescrito. En cualquier caso el número de muestras adquiridas no debe ser inferior al número de posiciones mínimo dado arriba."
11. CÁLCULO DEL ÁREA DE SUPERFICIE DE MEDICIÓN	"**11.2 MEDICIONES HECHAS A DISTANCIA DE MEDICIÓN DE X=1 m y X=2 m** En este caso el área de la superficie de medición se calcula de acuerdo a la ecuación: $$S = (h + X) * lm$$ En donde S área de la superficie de medición (m^2) h altura de la superficie de medición (m) lm longitud del contorno prescrito (m) X distancia de medición (m)" "**11.3 MEDICIONES HECHAS A DISTANCIAS DIFERENTES A LAS INDICADAS EN 11.1 y 11.2** Cuando por razones de seguridad se deben utilizar distancias de medición diferentes a las indicadas en los numerales 11.1 y 11.2, el área de la superficie de medición se calcula de acuerdo a la ecuación: $$S = \frac{3}{4 * \pi} * lm^2$$ En donde S área de la superficie de medición (m^2) lm longitud del contorno prescrito (m)"

12. MÉTODO DE PRESIÓN SONORA	"**12.1 CONDICIONES AMBIENTALES** Idealmente se debe usar un ambiente libre de reflexiones (piso o superficie de soporte). El ambiente de prueba debe proveer una superficie de medición en la cual el campo sonoro dentro de esta, no sea perturbado por reflexiones provenientes de objetos cercanos o las fronteras del sitio de prueba. Además los objetos reflectivos (con excepción de las superficies de soporte), deben ser alejados cuanto sea posible del transformador bajo prueba."
	"El transformador debe ser localizado de manera que no haya superficies de reflexión acústica a menos de 3 m de distancia del contorno prescrito, con excepción del piso o las superficies de soporte."
	"Cuando el transformador es probado dentro de un recinto semireverberante, este debe ser situado de manera asimétrica con respecto a la geometría del sitio."
	"Cuando los niveles de presión sonora del transformador se miden en un espacio cerrado, las reflexiones sonoras en las paredes u otros objetos grandes pueden influenciar los resultados porque el sonido contiene los tonos discretos que son afectados por la acústica del sitio, geometría del sitio y objetos reflectivos. Esto implica que pueden existir diferencias entre los resultados de mediciones realizadas en una instalación interior, en un laboratorio acústico o en una instalación al aire libre.
	"En presencia de superficies reflectivas (con excepción de la superficie de soporte), el ambiente para la prueba se puede mejorar mediante el uso de absorción sonora."
	"**12.1.1 Condiciones para mediciones internas** **12.1.1.1 Plano de reflexión** El plano de reflexión es usualmente el piso del salón de prueba, su área debe ser mayor que la proyección de la superficie de medición sobre este. NOTA: Se debe tener cuidado de que soporta el transformador no radie una apreciable cantidad de energía sonora debida a la vibración."

"El coeficiente de absorción acústica debe ser preferiblemente menor que 0,1 sobre el rango de frecuencias de interés. Este requerimiento usualmente se cumple cuando las ediciones internas son realizadas sobre pisos de concreto, resina, acero o azulejo duro."

"**12.1.2 Cálculo del coeficiente de corrección medioambiental (K)**

El coeficiente de corrección medioambiental K, tiene en cuenta la incidencia de reflexiones indeseadas desde objetos cercanos y las paredes del recinto de prueba. La magnitud de K depende primordialmente de la relación del área de absorción sonora del recinto de prueba A, al área de la superficie de medición S. En contraste K, no tiene fuerte dependencia de la ubicación del transformador dentro del recinto de prueba.

K Puede ser obtenido mediante la siguiente ecuación o gráficamente (ver figura 10):

$$K = 10 * \log(1 + \frac{4}{A/S})$$

En donde

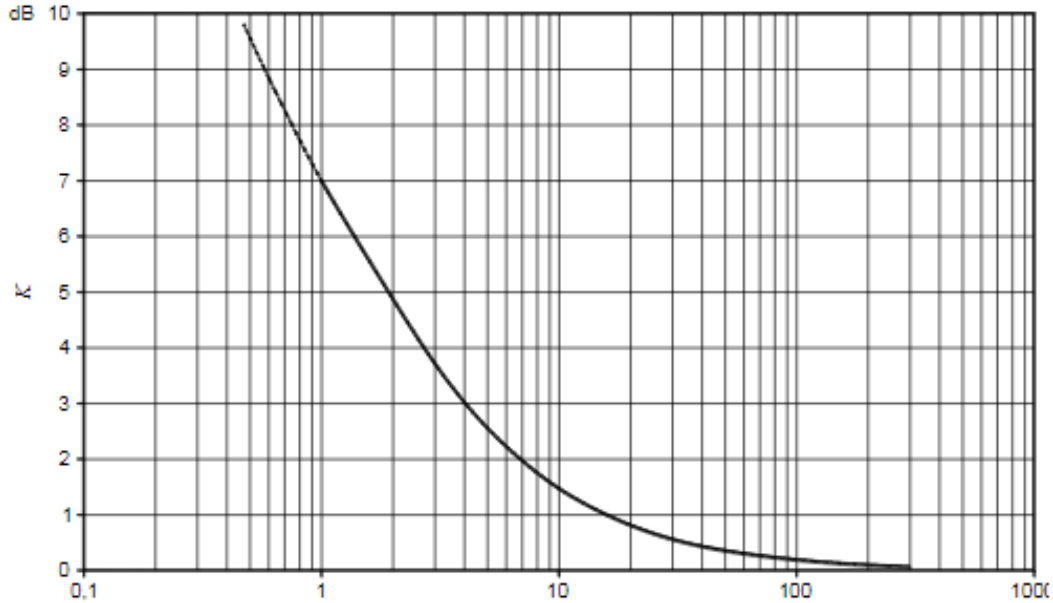
S área de la superficie de medición (m^2)

A área de absorción sonora del recinto de prueba (m^2)"

Para que el recinto de pruebas sea adecuado, el factor de corrección medio ambiental$\mathrm{K}$, debe ser menor o igual a 7 dB, es decir la relación $\frac{\mathrm{A}}{\mathrm{S}}$ debe ser mayor o igual a 1.

Para recintos muy grandes o espacios de trabajo que no son solamente cerrados, el valor$\mathrm{k}$, puede aproximarse a 0 dB.

Figura 10. Curva del factor de corrección medio ambiental K.



Fuente: NTC 5979 (ICONTEC, 2013).

	A se calcula de acuerdo a: $$A = \propto * S_v$$ En donde A área de absorción sonora del recinto de prueba (m2) S_v área total del recinto de prueba (m2), deben incluirse paredes, piso y techo $\propto$ Coeficiente de absorción acústica promedio (ver tabla 14)

Tabla 20. Valores aproximados de coeficientes de absorción promedio

Descripción del recinto de prueba	∝
Cuarto casi vacío con paredes duras lisas hechas de hormigón, ladrillo, yeso o azulejo	0,05
Cuarto parcialmente vacío con paredes lisas	0,1
Con mobiliario, rectangular con maquinaria o rectangular de tipo industrial	0,15
Cuarto regular con mobiliario, irregular con maquinaria o irregular industrial	0,20
Cuarto con mobiliario tapizado, maquinaria o cuarto industrial con una cantidad pequeña de material acústico en techo o paredes (por ejemplo, techo parcialmente absorbente)	0,25
Cuarto con material acústico tanto en techo como en paredes	0,35
Cuarto con gran cantidad de material acústico tanto en techo como en paredes	0,5

Fuente: elaboración propia a partir de la NTC 5979 (ICONTEC, 2013)

12.2 MEDICIÓN DEL NIVEL DE PRESIÓN SONORA	"Las mediciones deben realizarse cuando el ruido de fondo sea aproximadamente constante. Para la medición del nivel de presión sonora debe seguir la siguiente secuencia:"

	“a) Calibración del instrumento de medición b) Medición de ruido de fondo c) Energización del transformador d) Medición del nivel de presión sonora combinada e) Desenergización del transformador f) Medición del ruido de fondo g) Calibración del instrumento de medición”
	“**12.2.1 Medición del ruido de fondo** Para la medición del ruido de fondo, se requiere que el transformador se encuentre desenergizado. El micrófono del sonómetro debe ubicarse sobre el contorno prescrito, se deben realizar medidas del nivel de presión sonora en los mismos puntos donde se medirá el nivel de presión sonora del transformador Si el número de posiciones de medición es superior a 10, se permite que el ruido de fondo se mida en solo diez posiciones espaciadas igual distancia alrededor del contorno prescrito.”
	“**12.2.2 Energización del transformador** Cuando el transformador es energizado, antes de tomar las mediciones es recomendable esperar a que la condición de operación se estabilice, ya que la presencia de flujos residuales puede alterar la emisión sonora del transformador. La estabilización puede tomar unos pocos minutos y en casos extremos varias horas.”

	"**12.2.3 Medición del nivel de presión sonora combinada** El nivel de presión sonora combinada corresponde a la presión sonora del transformador energizado más el ruido de fondo. Una vez energizado el transformador y alcanzada la estabilidad en su operación se deben realizar las mediciones del nivel de presión sonora en los puntos predeterminados. Se recomienda realizar estas mediciones en el menor tiempo posible para evitar cambios en los niveles sonoros, producidos por cambios en la temperatura del transformador. NOTA Cuando el nivel de presión sonora combinada es superior en más de 10 dB al ruido de fondo las mediciones de ruido de fondo pueden ser realizadas en un solo punto de medición y no se requiere ningún tipo de corrección."
12.3 CÁLCULO DEL NIVEL DE PRESIÓN SONORA PROMEDIO	"El nivel de presión sonora promedio combinada sin corrección por factores ambientales se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación: $$L_{pA0} = 10 * \log(\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} 10^{0,1L_{pAi}})$$ En donde L_{pA0} nivel de presión sonora promedio combinada, en ponderación A (dB) N número total de puntos de medición L_{pAi} nivel de presión sonora combinada, en ponderación A, medida en cada punto *i*"
	"De igual forma puede calcularse un nivel de presión sonora promedio para cada una de las mediciones de ruido de fondo, como se indica en la siguiente ecuación: $$L_{bgA} = 10 * \log(\frac{1}{M}\sum_{i=1}^{M} 10^{0,1L_{bgAi}})$$

	En donde L_{bgA} ruido de fondo promedio (dB) M número total de puntos de medición L_{bgAi} ruido de fondo ponderación A, medida en cada punto *i*”
12. 4 EVALUACIÓN DE LA VALIDEZ DE LA MEDICIÓN	“Para evaluar la validez de las mediciones se deben acatar los criterios de la Tabla 15:”

Tabla 21. Criterios para la validez de las mediciones de los niveles de presión sonora en transformadores

Criterios		***Decisión***
$\boldsymbol{L_{pA0} - mayor\ de(L_{bgA_{inicial}} y\ L_{bgA_{final}})}$	$\boldsymbol{L_{bgA_{inicial}} y\ L_{bgA_{final}}}$	
$\geq \boldsymbol{8\ dB}$	No interesa	La medición es válida
$< \boldsymbol{8\ dB}$	$< 3\ \boldsymbol{dB}$	La medición es válida
$< \boldsymbol{8\ dB}$	$> 3\ \boldsymbol{dB}$	Debe repetirse la medición(1)
$< \boldsymbol{3\ dB}$	No interesa	Debe repetirse la medición(1)
(1) No es necesario repetir la prueba en el caso de que sea menor al valor permisible para el transformador, se dice entonces que el transformador tiene el nivel de presión sonora permisible. Este hecho debe consignarse en el informe		

Fuente: elaboración propia a partir de la NTC 5979 (ICONTEC, 2013)

	“Adicionalmente, si las dos calibraciones realizadas al equipo de medición difieren en más de 3 dB, las mediciones no son válidas y deben ser repetidas”
12.5 CORRECCIÓN DEL NIVEL DE	“El nivel de presión sonora promedio corregida para el transformador, se obtiene al aplicar la siguiente ecuación:

PRESIÓN SONORA PROMEDIO	$$L_{pA} = 10 * \log\left(10^{0,1L_{pA0}} - 10^{0,1L_{bgA}}\right) - K$$ En donde L_{pA} nivel de presión sonora promedio corregida del transformador en ponderación A (dB) L_{pA0} nivel de presión sonora promedio combinada, en ponderación A (dB) L_{bgA} menor de los ruidos de fondo promedio (dB) K coeficiente de corrección medio ambiental (dB)"
14 CÁLCULO DEL NIVEL DE POTENCIA SONORA	"El nivel de potencia sonora en ponderación A del transformador (L_{WA}), puede ser calculado a partir del nivel de presión sonora promedio corregido en ponderación A (L_{PA}), de acuerdo a la siguiente ecuación: $$L_{WA} = L_{pA} + 10 * \log(S)$$ En donde L_{WA} nivel de potencia sonora en ponderación A (dB) L_{pA} nivel de presión sonora promedio corregida, en ponderación A (dB) S área de la superficie de medición (m^2)"
16 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	El reporte de la medición debe incluir como mínimo la siguiente información: a) Nombre del fabricante y ubicación de la fábrica. b) Fecha de la prueba. c) Descripción del objeto de prueba (número de serie, potencia nominal, corriente nominal, voltajes nominales, relación, frecuencia, etc.). d) El nivel garantizado y las condiciones de operación y medición con que se realizó la prueba. e) Norma bajo la cual se realizó a prueba. f) Método de medición empleado.

	g) Características del equipo de medición y su calibración incluyendo número de serie micrófonos, fuente de calibración, etc.). h) Un plano esquemático a escala donde se indique la posición del objeto bajo prueba y otros objetos dentro del área de medición, así como las posiciones de medición. i) Las condiciones de prueba, incluyendo voltaje, corriente, frecuencia, posición de cambiador de derivaciones, distancia de medición. j) La longitud y ubicación de cada contorno prescrito, la altura del objeto bajo prueba y el área de medición calculada. k) La lista de personas presentes durante la prueba. l) Firma del responsable de la prueba.

Fuente: elaboración propia a partir de la NTC 5979 (ICONTEC, 2013)

5.1.3 NIVELES DE EMISIÓN SONORA ESTABLECIDOS EN LA NTC 5978

La NTC 5978 (ELECTROTECNIA. TRANSFORMADORES MONOFÁSICOS Y TRIFÁSICOS VALORES DE REFERENCIA DE LOS NIVELES DE EMISIÓN SONORA) proporciona los valores de referencia que han de ser comparados con el nivel de presión sonora promedio corregida, medida del transformador en ponderación A; de acuerdo a la NTC 5979 mencionada (ICONTEC, 2013). Los valores para transformadores secos, se muestran a continuación:

Tabla 22. Máximo nivel de emisión sonora, para transformadores trifásicos auto-refrigerados y abiertos con voltaje del devanado de mayor tensión superior a 1,2 kV

Potencia equivalente para dos devanados (kVA)	Nivel sonoro promedio (dB)	
	Abiertos	**Encapsulados**
0-9	40	45
10-50	45	50
51-150	50	55
151-300	55	57
301-500	60	59
501-700	62	61
701-1000	64	63
1001-1500	65	64
1501-2000	66	65
2001-3000	68	66
3001-4000	70	68
4001-5000	71	69
5001-6000	72	70
6001-7500	75	71
7501-10000	79	72
10001-15000	82	73

Fuente: elaboración propia a partir de la NTC 5978 (ICONTEC, 2013)

Tabla 23. Máximo nivel de emisión sonora, para transformadores trifásicos auto-refrigerados y abiertos con voltaje del devanado de mayor tensión desde 601 V hasta 1,2 kV

Potencia equivalente para dos devanados (kVA)	Nivel sonoro promedio (dB)
0-9	40
10-50	45
51-150	50
151-300	55
301-500	60
501-700	62
701-1000	64
1001-1500	65
1501-2000	66
2001-3000	68

Fuente: elaboración propia a partir de la NTC 5978 (ICONTEC, 2013)

Tabla 24. Máximo nivel de emisión sonora, para transformadores monofásicos auto-refrigerados con voltaje del devanado de mayor tensión superior a 601 V

Potencia equivalente para dos devanados (kVA)	Nivel sonoro promedio (dB)	
	Abiertos	**Encapsulados**
0-50	50	50
51-167	55	55
168-333	60	60
500	64	63
833	65	64
1256	68	66
1677	70	68
2500	71	70
3333	72	72
5000	73	73
10000	79	79

Fuente: elaboración propia a partir de la NTC 5978 (ICONTEC, 2013)

5.1.4 DISEÑO DE LA CÁMARA ANECOICA

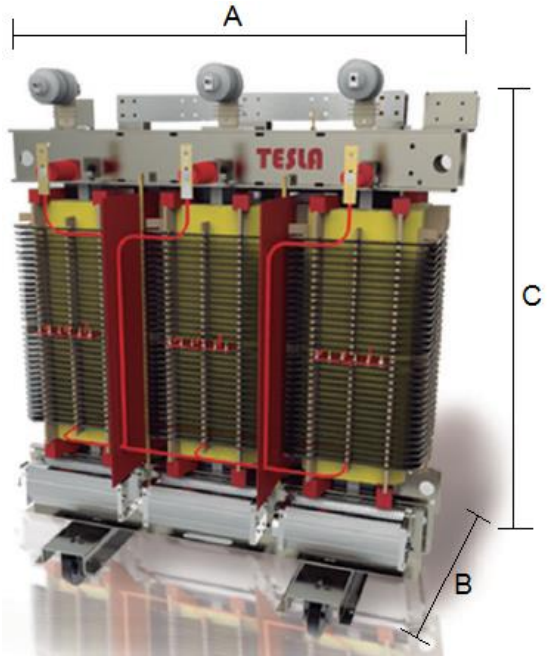
Una vez descrita la prueba de ruido para transformadores tipo secos y los niveles permitidos, se procede al diseño de la cámara anecoica. Para poder lograr este objetivo es necesario considerar los siguientes aspectos: (Quintana, García, Herrera. 2008)

- Las dimensiones de la cámara y fuentes a medir.
- Tipo de absorción sonora a utilizar.
- Frecuencia de corte.

5.1.4.1 DIMENCIONAMIENTO DE LA FUENTE A MEDIR

Para establecer el tamaño de la cámara es necesario tener en cuenta las dimensiones de los transformadores, ya que la cámara tendrá capacidad de probar todos los equipos estándar que se fabrican. Las dimensiones de estos dependen de diferentes factores según las necesidades del cliente, principalmente de la potencia y el nivel de tensión de operación. A continuación, se presentan las medidas más relevantes de los transformadores a ensayar, según el diseño mecánico suministrado por del departamento de ingeniería. (Nacional de Transformadores SAS, 2020)

Figura 11. Transformador tipo seco clase H, serie 15/1.1 kV.



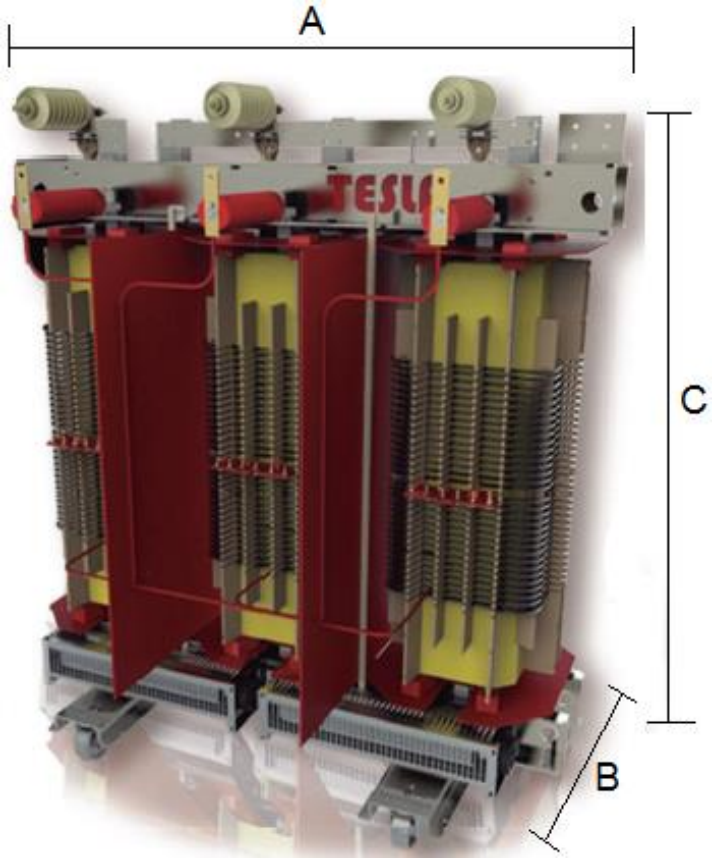
Fuente: Ficha técnica del producto (Nacional de Transformadores SAS, 2020)

Tabla 25. Dimensiones y pesos del Transformador tipo seco clase H, serie 15/1.1 kV.

Potencia (kVA)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	Peso (kg)
30	1010	720	950	320
45	1040	740	1030	350
75	1180	760	1080	440
112,5	1210	780	1080	550
150	1260	840	1200	650
225	1330	920	1300	870
300	1420	920	1300	1020
400	1400	920	1350	1250
500	1470	920	1470	1350
630	1550	920	1510	1550
800	1570	1120	1580	1900
1000	1630	1120	1740	2200
1250	1740	1120	1780	2550
1600	1850	1130	1780	2900
2000	1930	1300	1870	3600

Fuente: Ficha técnica del producto (Nacional de Transformadores SAS, 2020)

***Figura 12*. Transformador tipo seco clase H, serie 36/1.1 kV.**



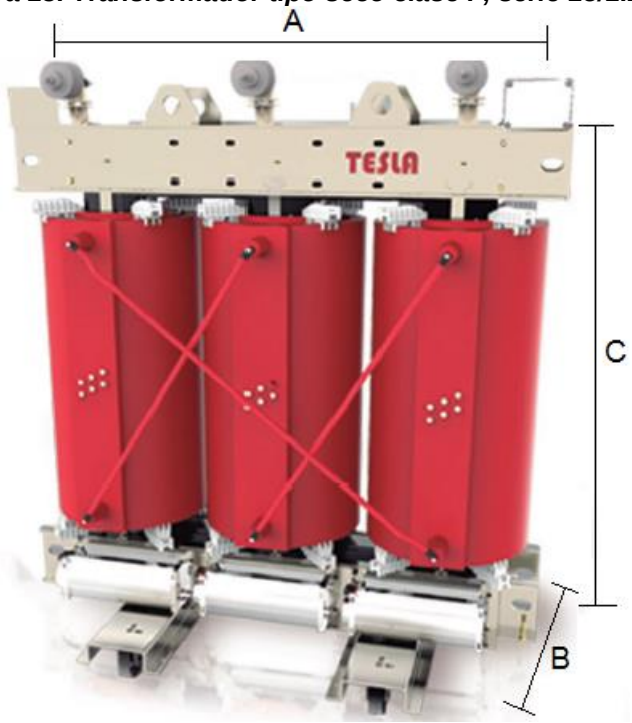
Fuente: Ficha técnica del producto (Nacional de Transformadores SAS, 2020)

Tabla 26. Dimensiones y pesos del Transformador tipo seco clase H, serie 36/1.1 kV.

Potencia (kVA)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	Peso (kg)
150	1340	1000	1750	950
225	1480	1000	1820	1200
300	1480	1100	1820	1450
400	1620	1150	1850	1780
500	1650	1150	1850	1980
630	1750	1150	1900	2190
800	1780	1170	2150	2450
1000	1880	1300	2150	3000
1250	1900	1300	2160	3300
1600	1950	1300	2300	3650
2000	2100	1360	2350	4900

Fuente: Ficha técnica del producto (Nacional de Transformadores SAS, 2020)

Figura 13. Transformador tipo seco clase F, serie 15/1.1 kV.



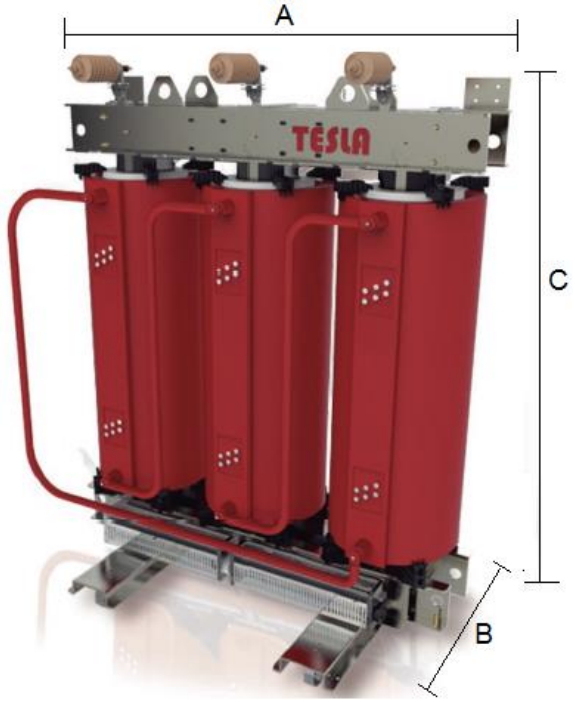
Fuente: Ficha técnica del producto (Nacional de Transformadores SAS, 2020)

Tabla 27. Dimensiones y pesos del Transformador tipo seco clase F, serie 15/1.1 kV.

Potencia (kVA)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	Peso (kg)
30	960	670	1030	320
45	990	670	1160	360
75	1080	670	1170	550
112,5	1080	670	1170	615
150	1130	670	1230	650
225	1250	670	1340	900
300	1330	820	1350	1030
400	1340	900	1440	1250
500	1340	900	1500	1320
630	1420	900	1650	1670
800	1480	1000	1730	1910
1000	1550	1000	1890	2270
1250	1580	1000	2100	2650
1600	1740	1000	2100	3000
2000	1870	1300	2150	3600

Fuente: Ficha técnica del producto (Nacional de Transformadores SAS, 2020)

Figura 14. Transformador tipo seco clase F, serie 36/1.1 kV.



Fuente: Ficha técnica del producto (Nacional de Transformadores SAS, 2020)

Tabla 28. Dimensiones y pesos del Transformador tipo seco clase F, serie 36/1.1 kV.

Potencia (kVA)	A (mm)	B (mm)	C (mm)	Peso (kg)
225	1480	670	1740	1550
300	1480	670	1790	1680
400	1480	820	1860	1790
500	1590	820	2010	2040
630	1740	820	2010	2500
800	1740	1000	2340	2770
1000	1800	1000	2340	3110
1250	1860	1000	2720	3680
1600	2010	1050	2760	4420
2000	2100	1300	2960	5160

Fuente: Ficha técnica del producto (Nacional de Transformadores SAS, 2020)

5.1.4.2 DIMENCIONAMIENTO DE LA CÁMARA ANECOICA

Se toman las dimensiones del transformador más grande y a partir de estas medidas se diseña la cámara anecoica; la mayor altura (C) corresponde al transformador clase F de 2000 kVA/36 kV (2960 mm), la mayor profundidad (B) al clase H de 2000 kVA/36 kV (1360 mm) y el mayor ancho (A) al de los dos (2100 mm). Como se mencionó en la norma NTC 5979, el transformador debe ser localizado de manera que no haya superficies de reflexión acústica a menos de 3 m de distancia del contorno prescrito, con excepción del piso o las superficies de soporte. (ICONTEC, 2013)

El volumen de la fuente a medir es:

$$Vf = A * B * C$$

$$Vf = 2{,}100 * 1{,}360 * 2{,}960\ (m^3)$$

$$Vf = 8{,}45376\ (m^3)$$

El volumen de la cámara anecoica es:

$$Vc = (6 + A) * (6 + B) * (3 + C)$$

$$Vc = 355{,}31\ (m^3)$$

$$a = 8{,}1\ (m)$$

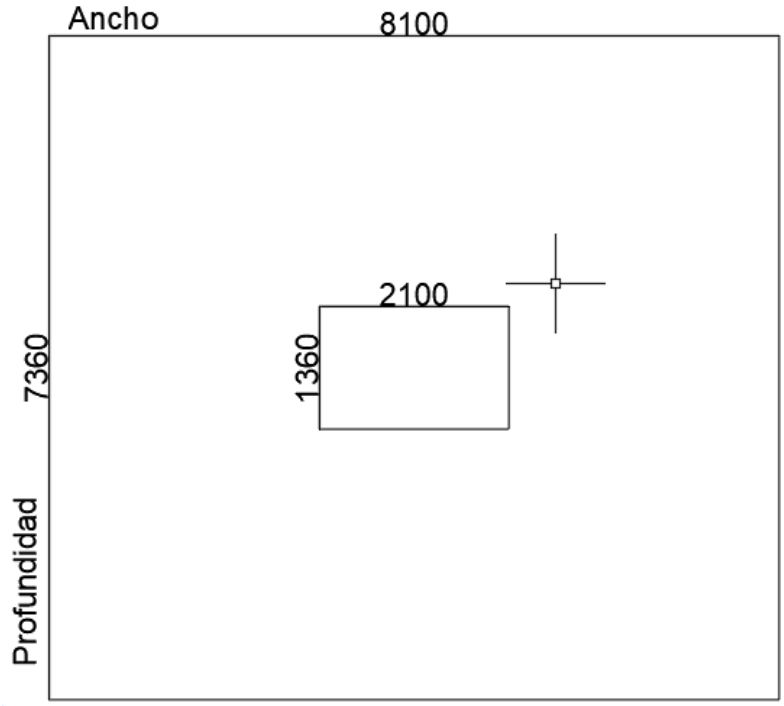
$$b = 7{,}36\ (m)$$

$$c = 5{,}96\ (m)$$

Siendo:

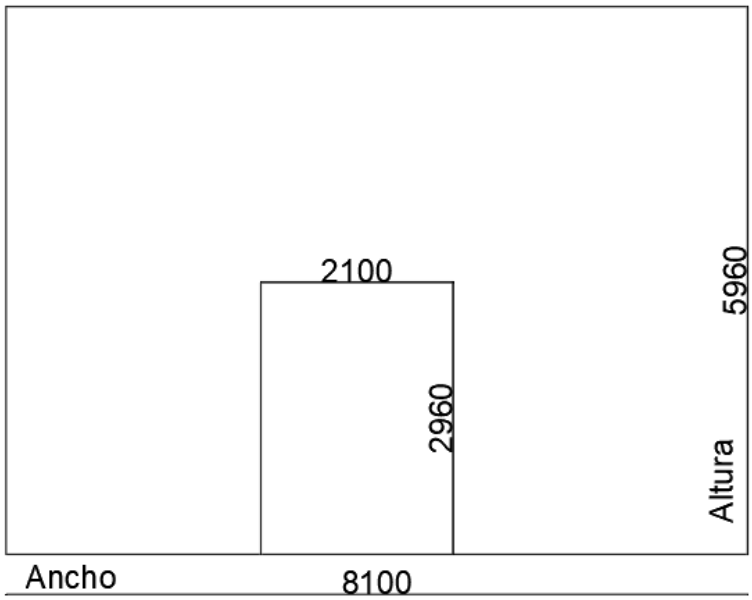
a = ancho de la cámara
b = profundidad de la cámara
c = altura de la cámara

Figura 15. Profundidad y ancho de la cámara anecoica.



Fuente: Elaboración propia. Medidas en mm.

Figura 16. Altura de la cámara anecoica.



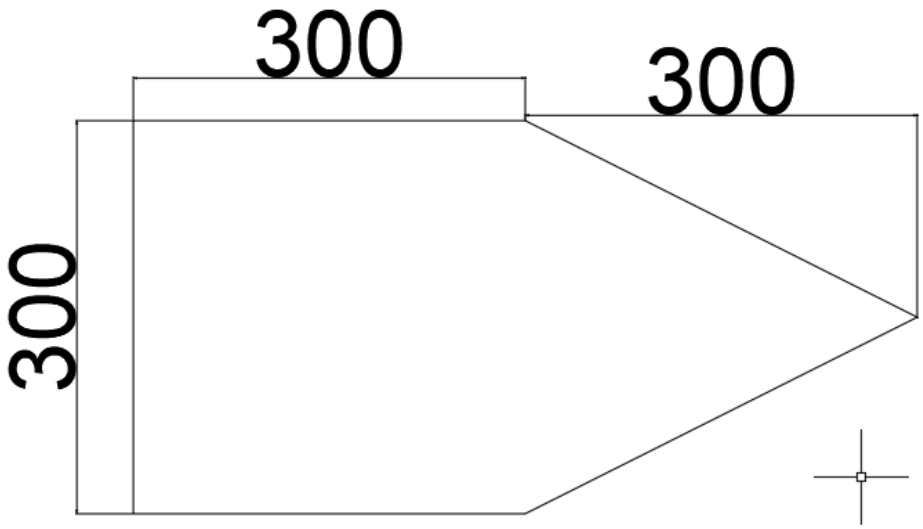
Fuente: Elaboración propia. Medidas en mm.

5.1.4.3 ABSORCIÓN SONORA

La cámara anecoica será construida de forma flotante sobre una base amortiguadora de 90 mm de espesor. En el suelo presentará goma pisable, tendrá un lateral accesible con una puerta de hoja doble antipánico.

La cámara anecoica requiere un tratamiento absorbente especial para sus 5 superficies internas; consiste en cuñas de fibra de vidrio rellenas de espuma aislante acústica. De las diferentes estructuras de cuñas: La lineal, de capas, piramidal, exponencial y exponencial piramidal; la cuña lineal en fibra de vidrio es la más efectiva para absorción sonora y posee un costo menor de fabricación. En la figura 17 se muestra la cuña a implementar: (ISO. 2012)

Figura 17. Dimensiones de Cuña a implementar en la cámara anecoica.



Fuente: Elaboración propia. Medidas en mm.

Dimensiones interiores:

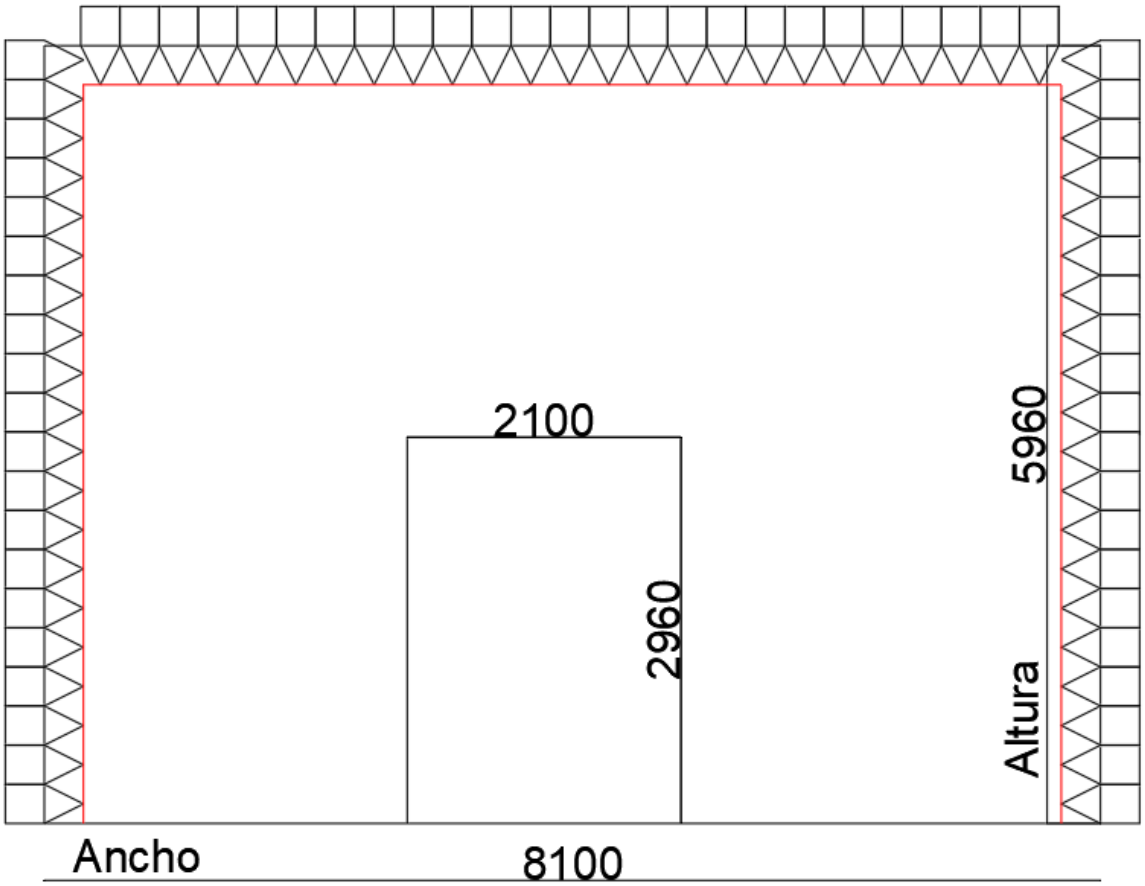
- Entre paredes:

$$8{,}1 * 7{,}36 * 5{,}96\ m$$

- Entre puntas de cuñas:

$$7{,}5 * 6{,}76 * 5{,}66\ m$$

Figura 18. Cantidades de Cuñas a implementar en la cámara anecoica.



Fuente: Elaboración propia. Medidas en mm.

El volumen entre puntas de cuñas es:

$$Vpc = Vc - ((a - 0{,}6) * (b - 0{,}6) * (c - 0{,}3))\ (m^3)$$

$$Vpc = 68{,}34\ (m^3)$$

El volumen interior útil de la cámara es:

$$Vu = Vc - Vf - Vpc$$

$$Vu = 355{,}31 - 8{,}45 - 68{,}34\ (m^3)$$

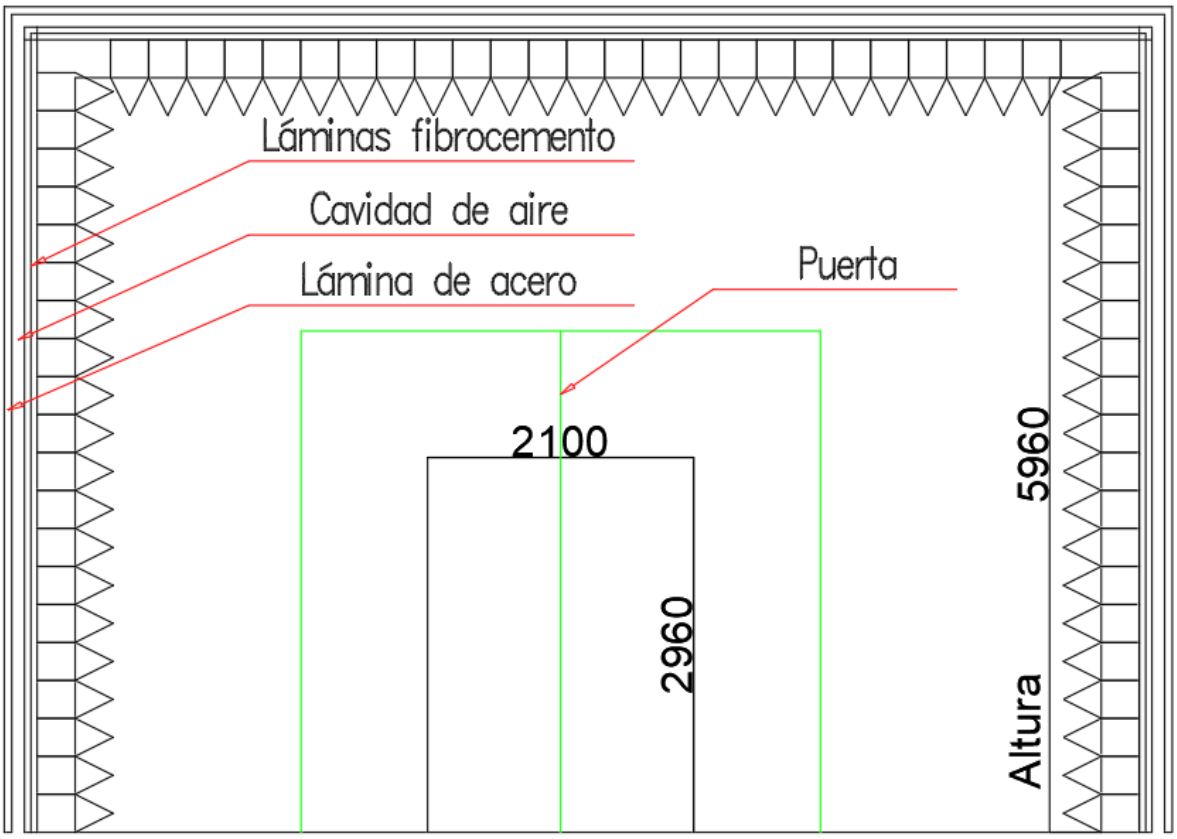
$$Vu = 278{,}52\ (m^3)$$

Las paredes se componen de: una lámina de acero, una cavidad de aire de 5 cm y un tabique compuesto por dos láminas de fibrocemento.

Para la puerta de acceso se propone de: una lámina de acero del espesor de la lámina, interiormente se mantiene la cavidad y el tabique compuesto por dos láminas de fibrocemento.

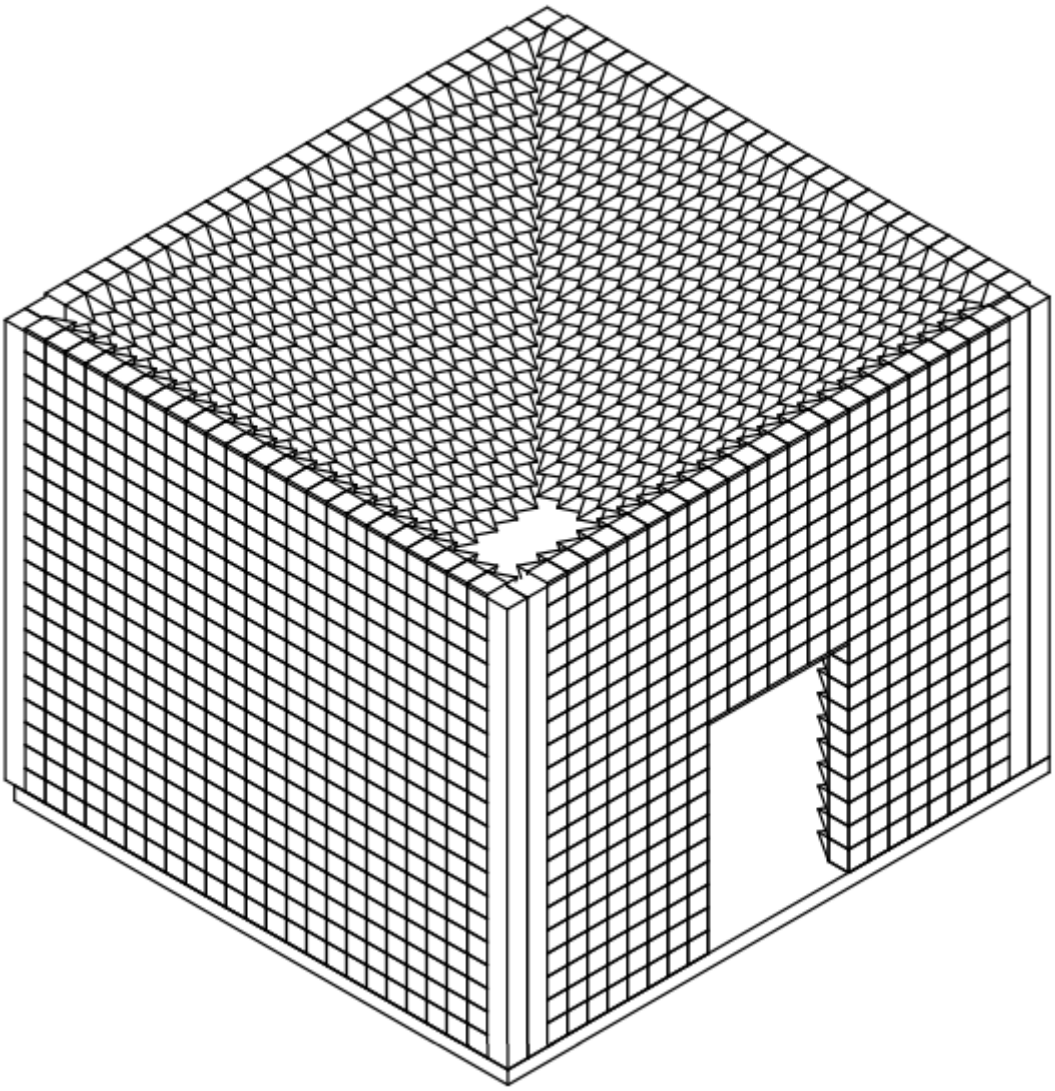
Actualmente el laboratorio de pruebas de Nacional de Transformadores SAS, cuenta con un espacio destinado para proyectos futuros; este espacio se determina para la implementación de la cámara anecoica.

Figura 19. Componentes estructurales de la cámara anecoica.



Fuente: Elaboración propia. Medidas en mm.

Figura 20. Diseño final de la cámara anecoica.



Fuente: Elaboración propia. Medidas en mm.

5.1.5 FRECUENCIA DE CORTE

La frecuencia de corte de una cámara anecoica es la frecuencia más baja a partir de la cual la cámara tiene un comportamiento anecoico, simulando el comportamiento de campo libre, viene dada por: (Quintana, García, Herrera. 2008)

$$f = \frac{c}{2d}$$

Donde:

f = Frecuencia de corte
c = Velocidad del sonido
d = Anchura total del volumen del aire

Para el presente proyecto se utiliza al menos una frecuencia de 10 cm con el fin de mantener una absorción elevada.

Por tanto:

$$d = \frac{344.8\frac{m}{s}}{2 * 100\ \frac{1}{s}} = 1.724$$

5.1.6 UBICACIÓN DE LA CÁMARA ANECÓICA

A continuación, se presenta la ubicación de los elementos que constituyen el laboratorio de pruebas, con sus respectivas dimensiones:

Tabla 29. Disposición física dentro del laboratorio de pruebas.

Nº de identificación en el diagrama	Elemento	Dimensiones en cm (largo/ancho/alto)
1	Banco Capacitores de 660 KVAR	(100/80/230)
2	Mesa de trabajo	(120/70/75)
3	Fuente 175 KVA	(300/70/200)
4	Armario herramientas	(70/50/105)
5	Armario Equipos	(70/40/110)
6	Sala de control Fuente	(280/100/90)
7	Transformador de 75 KVA	(103/73/103)
8	Trasformador de ruido	(60/37/70)
9	Transformador de aplicada	(67/67/200)

10	Transformador auxiliar Fuente	(150/130/130)
11	Control Generador	(170/115/125)
12	Transformador auxiliar Generador	(100/70/90)
13	Generador y generador inducida	(175/100/80)
14	Filtro reactivos	(100/60/120)
15	Banco Capacitores de 660 KVAC	(90/40/180)
16	Armario barras de cobre	(40/40/160)

Fuente: Elaboración propia.

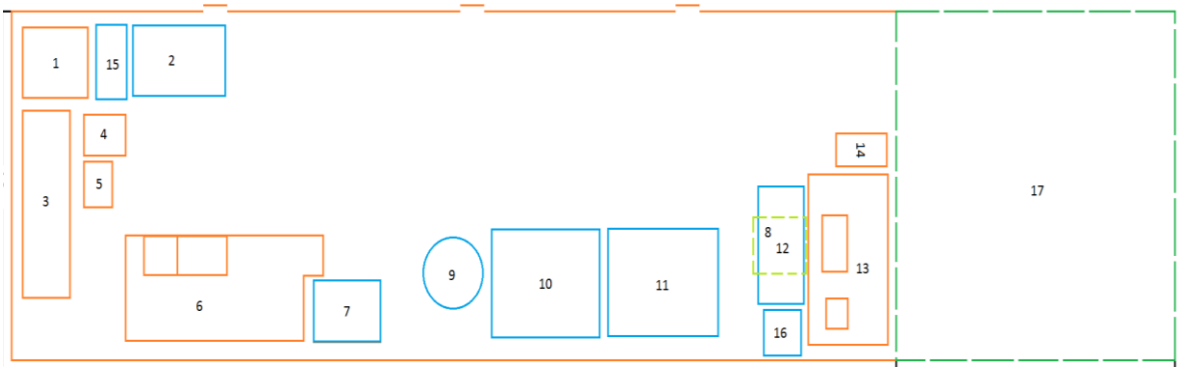
Para la disposición física del laboratorio, se tiene en cuenta la siguiente nomenclatura:

Tabla 30. Simbología utilizada dentro del laboratorio de pruebas.

Símbolo	Significado
	Elemento fijo
	Elemento que se desplaza
	Elemento proyectado

Fuente: Elaboración propia.

Figura 21. Disposición de los elementos constitutivos del campo de pruebas.



Fuente: Elaboración propia.

El espacio proyectado con el número 17, corresponde al espacio disponible de la cámara anecoica; este espacio consta de un área de 10 x 10 m^2, Suficiente para llevar a cabo la construcción del proyecto.

5.1.7 PROTOCOLO DE PRUEBAS

Toda la información relativa a los ensayos a los que ha sido sometido el transformador, se recoge en el Protocolo de Ensayo que acompaña a la información del transformador.

En este protocolo figuran datos tan importantes como las pérdidas en vacío y en carga, así como la tensión de cortocircuito, la corriente en vacío, características mecánicas entre otros.

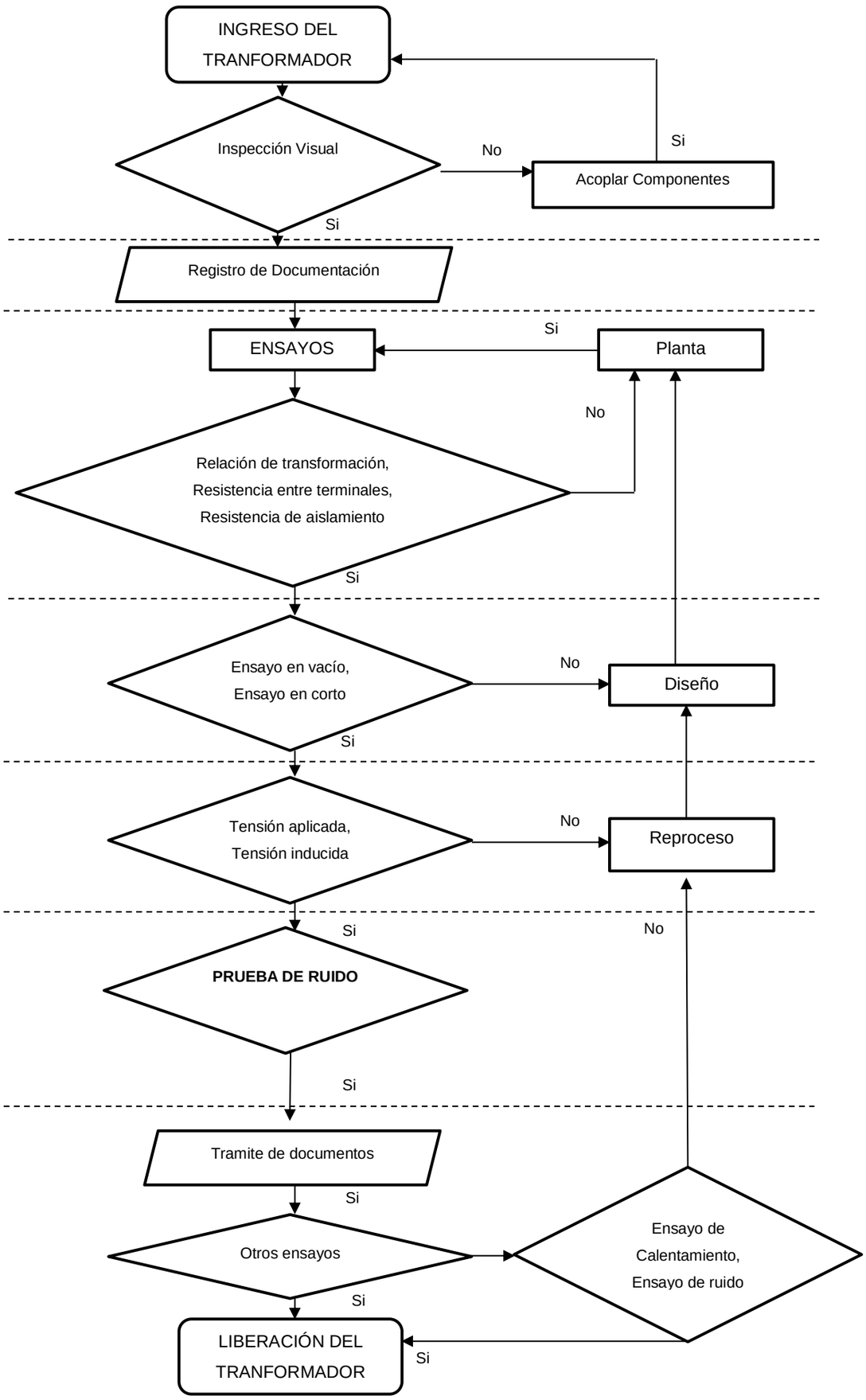
Todos los transformadores sin exclusión fabricados por NACIONAL DE TRANSFORMADORES TESLA, S.A. tienen su protocolo de ensayos personalizado y se guarda en bases de datos físicas y virtuales, quedando a disposición de los clientes por si lo consideran necesario.

El protocolo de ensayos se conoce como reporte de pruebas de rutina, código R029 cumple con las normas NTC.

Las observaciones, los datos y los cálculos se deben registrar en el momento de hacerlos y deben poder ser relacionados a la operación en cuestión.

Según la secuencia de ensayos realizados en el Laboratorio de pruebas eléctricas, se propone el siguiente diagrama de procesos, teniendo en cuenta el ensayo de medida de nivel de Ruido.

Figura 22. Flujograma de ensayos propuesto, con la prueba de Ruido.



Fuente: Elaboración propia.

6 ESTUDIO ADMINISTRATIVO

Nacional de Transformadores S.A.S - TESLA es 100% una realidad de la industria eléctrica colombiana desde hace 33 años que se especializa en el diseño y fabricación de transformadores tipo seco abierto y encapsulados en resina, con capacidad de fabricación hasta 5 MVA en aislamiento clase H y clase F en niveles de tensión hasta 36 KV; transformadores inmersos en aceite hasta 20 MVA en niveles de tensión hasta 44 KV, transformadores tipo Pad mounted (tipo pedestal), cajas de maniobra, cajas de derivaciones y reactores entre otros.

6.1 MISIÓN

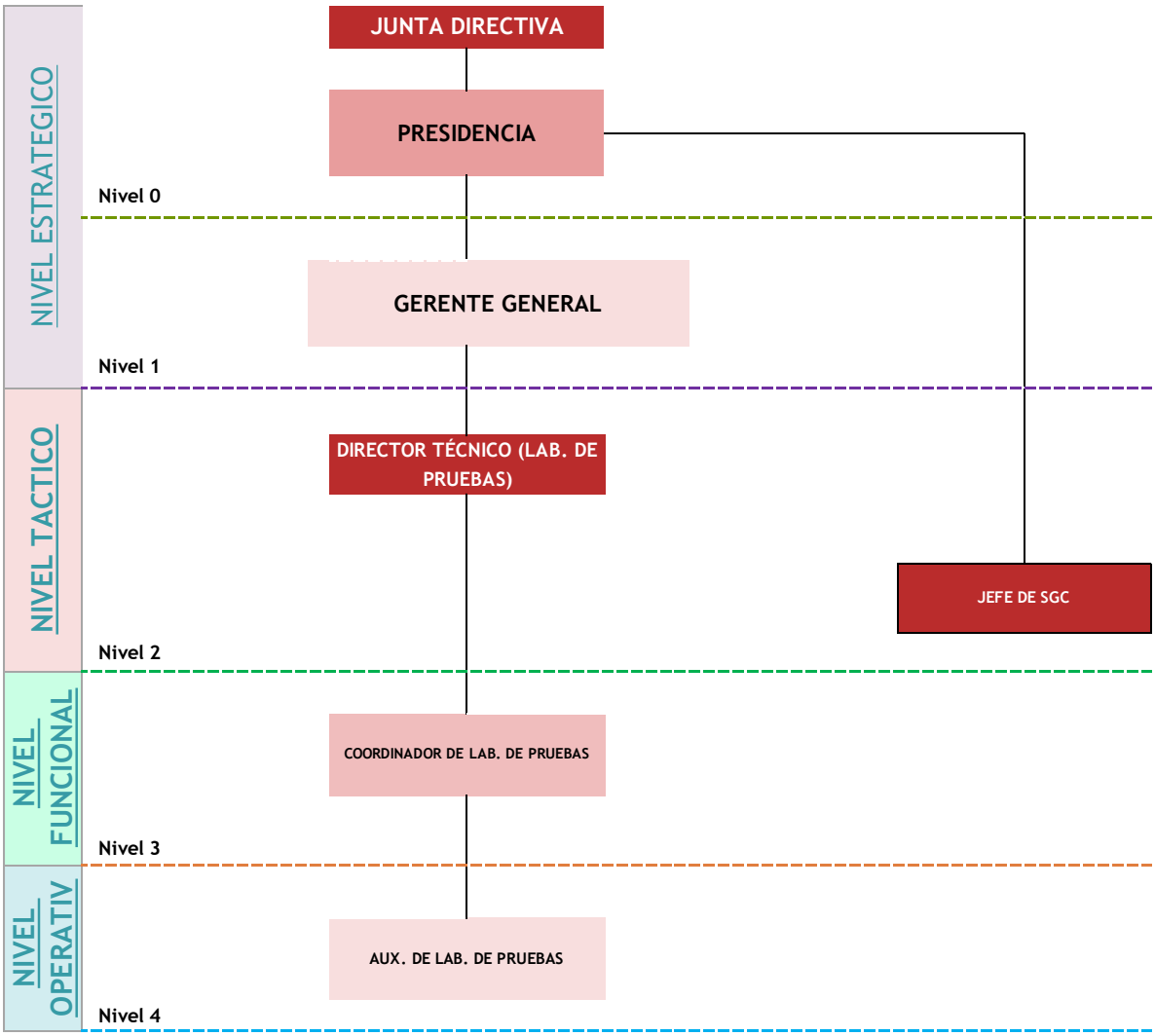
Diseñar, fabricar y comercializar transformadores con alto índice de calidad, buscando ser una empresa rentable y sostenible, basados en el permanente desarrollo de nuestros colaboradores y en el mejoramiento continuo de los procesos.

6.2 VISIÓN

Consolidar a Nacional de transformadores TESLA para el año 2025, como una empresa reconocida en el mercado nacional y latinoamericano por sus altos estándares de calidad, buen servicio y honestidad. Líder en Colombia en su especialidad, trabajando por la sostenibilidad y rentabilidad.

6.3 ESTRUCTURA JERÁRQUICA LABORATORIO DE PRUEBAS

Figura 23 Organigrama Laboratorio de Pruebas



Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta las necesidades del proyecto, Tesla S.A. designará un director de proyecto quién estará a cargo del levantamiento y validación de toda la información de viabilidad aquí recopiladas. Este director de proyecto será el encargado de realizar seguimiento a la ejecución presupuestal, de actividades y tiempos que se establezcan para el desarrollo del proyecto en cada una de sus fases.

Se contará con contratistas externos para ejecución de obra civil y obra de aislamiento acústico como se presenta en el estudio financiero y en el estudio de ingeniería del proyecto.

6.4 ESTUDIO NORMATIVO

De acuerdo con la *Tabla 18 Normograma* del presente documento, se tienen presentes adicionalmente la siguiente normatividad vigente para la elaboración y prueba de transformadores eléctricos.

- IEC 60076 Transformadores de poder
- IEC 60137 Aisladores pasantes para tensiones alternas superiores a 1.000 V
- IEC 60044 – 1 Transformadores de corriente
- IEC 60214 Cambiadores de Derivaciones Bajo Carga (CDBC)
- IEC 60542 Guía de aplicación para Cambiadores de Derivaciones Bajo Carga
- IEC 60060 Técnicas para pruebas en Alta Tensión
- IEC 60296 Especificaciones para aceites minerales nuevos para transformadores y equipos de maniobra
- IEC 604475 Métodos de muestreo para líquidos dieléctricos
- ASTM D 3487 Especificación para aceite mineral aislante usado en aparatos eléctricos
- IEC 60354 Guía de cargabilidad para transformadores de potencia inmersos en aceite
- ASTM B117, D2247, D2794, D3359 Requerimientos de pintura del transformador

Adicional a la normatividad establecida para la fabricación y prueba de transformadores eléctricos, Tesla S.A. como compañía certificada en ISO 9001 deberá cumplir a cabalidad con la calidad de los procesos asociados a su Sistema de Gestión de Calidad.

Por otra parte, se deberá cumplir con la normatividad ambiental vigente que comprende la ley 1198 de 2008 referente Plan de Estocolmo sobre *"Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP) mediante la cual se establecen medidas que permitan minimizar los*

riesgos derivados del uso, almacenamiento, manipulación, transporte, tratamiento y eliminación de aceites, desechos y suelos contaminados con PCB, con propósito de proteger la salud humana y el medio ambiente de los efectos nocivos de los contaminantes orgánicos persistentes" (Ministerio de Medio Ambiente, 2008)

Finalmente, el Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) establece reglamentación para el correcto manejo y disposición de residuos tóxicos, peligrosos e inflamables derivados del uso de materiales y equipos electrónicos. Lo cual también será un punto en el reglamento ambiental a tener en cuenta.

7 ESTUDIO ECONÓMICO - FINANCIERO

Se presentará los recursos económicos necesarios para llevar a cabo la implementación del presente proyecto, mano de obra directa y de infraestructura; posteriormente se presentan los diferentes escenarios con respecto a la tasa interna de retorno y el flujo de caja relacionado, al momento de prestar el servicio de prueba de ruido a las partes interesadas.

7.1 RECURSOS DE NÓMINA NECESARIOS:

Tabla 31. Costos mano de obra directa.

PERSONAL OPERATIVO

COSTO	$ 2.100.000	$ 1.500.000	$ 1.500.000
CARGO/CIUDAD	Coordinador de Laboratorio	Auxiliar de Laboratorio 1	Auxiliar de Laboratorio 2
Mosquera	1	1	1
TOTAL RECURSOS	1	1	1
COSTO RECURSOS	$ 2.100.000,00	$ 1.500.000,00	$ 1.500.000,00

TOTAL PERSONAL	3
TOTAL COSTO	$ 5.100.000,00

Fuente: Elaboración propia. [Ver anexo: Modelo Financiero]

7.2 INVERSIÓN NECESARIA DE EQUIPOS:

Tabla 32. Inversión equipos de laboratorio.

ADQUISICIÓN DE EQUIPOS

COSTO	$ 6.299.300	$ 653.400
EQUIPO/CIUDAD	Sonómetro	Cámara de Supervisión
Mosquera	1	1
TOTAL RECURSOS	1	1
COSTO RECURSOS	$ 6.299.300,00	$ 653.400,00

TOTAL EQUIPOS	2
TOTAL COSTO	$ 6.952.700,00

Fuente: Elaboración propia. [Ver anexo: Modelo Financiero]

7.3 INVERSIÓN NECESARIA DE MATERIALES:

Tabla 33. Inversión material para el laboratorio.

MATERIALES

COSTO	$ 284.710	$ 164.900	$ 197.000	$ 20.900	$ 12.000	$ 69.900	$ 29.300	$ 52.900	$ 29.900	$ 2.090	$ 7.302.952
CARGO/CIUDAD	CONCRETO 21 Mpa	Tapete Liviano Liso 50x50cm Tráfico Pesado Negro x 8 Unidades	CEMENTO DE CONTACTO 1714 4.5 GALONES PEGAUCHO	Formaleta 19 mm Dimensionada 0.28x2.44m	Fibra De Vidrio Mat X 1metro Resina Poliéster Tanques Canoas	Espuma Acústica Profesional Para Ruido Reducción Ruido1mtx2m	Sika Boom 300cc Espuma Poliuretano Expansiva	SUPERBOARD MAD 6mm 244x122cm 24.72kg aprox.	Tornillos Autoperf-25mm/1pulg8 Cab Aran Paqx100	Angulo 30 x 20 x 0.38mm 2.44m	PUERTA ACÚSTICA TIVLOCK 3,96 X 4,1 m
Mosquera	3	22	1	4	144	126	14	50	1	16	1
TOTAL RECURSOS	3	22	1	4	144	126	14	50	1	16	1
COSTO RECURSOS	$ 854.129,88	$ 3.627.800,00	$ 197.000,00	$ 83.600,00	$ 1.728.000,00	$ 8.807.400,00	$ 410.200,00	$ 2.645.000,00	$ 29.900,00	$ 33.440,00	$ 7.302.952,00

TOTAL PERSONAL	382
TOTAL COSTO	$ 25.719.422

Fuente: Elaboración propia. [Ver anexo: Modelo Financiero]

7.4 AMORTIZACIONES POR INVERSIÓN:

Tabla 34. Amortizaciones por inversión.

EQUIPOS

CONCEPTO	VALOR TOTAL	NO AÑOS / VIDA UTIL	NO MESES / VIDA UTIL	VALOR MENSUAL
Sonómetro	$ 6.299.300	5	60	$ 104.988
Cámara de Supervisión	$ 653.400	5	60	$ 10.890
	$ 6.952.700			**$ 115.878**

Fuente: Elaboración propia. [Ver anexo: Modelo Financiero]

7.5 PROYECCIONES:

Tabla 35. Proyecciones.

Año	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**
No. Clientes	**16**	**24**	**36**	**44**	**52**
Mes de Ingreso	Ene	Ene	Ene	Ene	Ene
	Feb	Feb	Feb	Feb	Feb
	Mar	Mar	Mar	Mar	Mar
	Abr	Abr	Abr	Abr	Abr
	May	May	May	May	May
	Jun	Jun	Jun	Jun	Jun
	Jul	Jul	Jul	Jul	Jul
	Ago	Ago	Ago	Ago	Ago
	Sep	Sep	Sep	Sep	Sep
	Oct	Oct	Oct	Oct	Oct
	Nov	Nov	Nov	Nov	Nov
	Dic	Dic	Dic	Dic	Dic
No. Meses	**12**	**12**	**12**	**12**	**12**
Ingresos	**2021**	**2022**	**2023**	**2024**	**2025**
Número de Clientes Año	16	24	36	44	52
Ingresos Estimados	56.000.000	84.000.000	126.000.000	154.000.000	182.000.000
Ahorros Generados	$ 24.800.000	$ 37.200.000	$ 55.800.000	$ 68.200.000	$ 80.600.000
Ingresos Año	80.800.000,0	121.200.000,0	181.800.000,0	222.200.000,0	262.600.000,0
Ingresos Promedio Mes	$ 6.733.333	$ 10.100.000	$ 15.150.000	$ 18.516.667	$ 21.883.333

Fuente: Elaboración propia. [Ver anexo: Modelo Financiero]

7.6 INGRESOS ESTIMADOS:

Tabla 36. Ingresos Estimados.

Ingresos Estimados

Transformadores	3.500.000

Año	Cant.	Total
2021	16	56.000.000
2022	24	84.000.000
2023	36	126.000.000
2024	44	154.000.000
2025	52	182.000.000

Ahorros Cuantitativos

				Costo Mensual	***Costo Anual***
Mtto y Reparación de equipos	-	16	Equipos	1.550.000	**24.800.000**
Viaticos	1.200.000	1	Persona	1.200.000	
MO	1.500.000	7	dias	350.000	

Ahorros Cualitativos

Reducción Quejas/Reclamos
Imagen Corporativa
Confiabilidad

2021

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16
17.500.000	3.500.000	3.500.000	3.500.000	3.500.000	3.500.000	3.500.000	3.500.000	3.500.000	3.500.000	3.500.000	3.500.000	56.000.000
19.566.667	5.566.667	5.566.667	5.566.667	5.566.667	5.566.667	5.566.667	5.566.667	5.566.667	5.566.667	5.566.667	5.566.667	80.800.000

2022

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1	1	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	24
3.500.000	3.500.000	3.500.000	3.500.000	3.500.000	3.500.000	10.500.000	10.500.000	10.500.000	10.500.000	10.500.000	10.500.000	84.000.000
5.566.667	5.566.667	5.566.667	5.566.667	5.566.667	5.566.667	12.566.667	12.566.667	12.566.667	12.566.667	12.566.667	12.566.667	108.800.000

2023

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	36
10.500.000	10.500.000	10.500.000	10.500.000	10.500.000	10.500.000	10.500.000	10.500.000	10.500.000	10.500.000	10.500.000	10.500.000	126.000.000
12.566.667	12.566.667	12.566.667	12.566.667	12.566.667	12.566.667	12.566.667	12.566.667	12.566.667	12.566.667	12.566.667	12.566.667	150.800.000

2024

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
4	4	4	3	4	4	3	4	3	3	4	4	44
14.000.000	14.000.000	14.000.000	10.500.000	14.000.000	14.000.000	10.500.000	14.000.000	10.500.000	10.500.000	14.000.000	14.000.000	154.000.000
16.066.667	16.066.667	16.066.667	12.566.667	16.066.667	16.066.667	12.566.667	16.066.667	12.566.667	12.566.667	16.066.667	16.066.667	178.800.000

2025

Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
5	4	4	5	4	4	4	5	4	4	5	4	52
17.500.000	14.000.000	14.000.000	17.500.000	14.000.000	14.000.000	14.000.000	17.500.000	14.000.000	14.000.000	17.500.000	14.000.000	182.000.000
19.566.667	16.066.667	16.066.667	19.566.667	16.066.667	16.066.667	16.066.667	19.566.667	16.066.667	16.066.667	19.566.667	16.066.667	206.800.000

Fuente: Elavoración propia. [Ver anexo: Modelo Financiero]

7.7 EL SIGUIENTE ES EL FLUJO DE CAJA:

Con el fin de realizar el análisis financiero del proyecto se contempló:

- Inversión inicial para adquisición de materiales y equipos de laboratorio.
- Pago de nómina de: 1 Coordinador de Laboratorio y 2 auxiliares de laboratorio
- Teniendo en cuenta la proyección de ventas:

Tabla 37. FLUJO DE CAJA.

PREMISAS FINANCIERAS

Impuestos	**4,0%**
Administrativos Marginales	**4,0%**
% de Financiación	**5,0%**
Overhead Administrativo	**0,0%**
Impuesto sobre las Ganancias	**32,0%**
WACC	**13,0%**

PREMISAS DE INVERSIONES

Fecha de Inicio Proyecto	**2021**
Fecha de Cierre Proyecto	**2025**
Valor Residual Equipos	**2,0%**
Coeficiente de Amortización	**3,0%**
Tasa de Descuento	**2,0%**

INDICADORES FINANCIEROS

Ventas Totales del Proyecto	**$ 726.000.000**
Costos de Operación	**$ 332.719.422**
Gastos de Admon. y Ventas	**$ 68.244.000**
EBITDA Pond.	**$ 325.036.578**
Margen EBITDA Pond.	**44,8%**
TIR Mensual	**6,5%**
WACC Anual	**13,0%**
WACC Mensual	**1,1%**

ESTADO DE RESULTADOS

% de Distirbución de Inversiones									
Línea de Tiempo del Proyecto	t=0	t=11	t=12	t=18	t=35	t=47	t=48	t=59	
Concepto	**Ene 2021**	**Dic 2021**	**Ene 2022**	**Jul 2022**	**Dic 2023**	**Dic 2024**	**Ene 2025**	**Dic 2025**	**TOTAL**
Ingresos Estimados	19.566.667	5.566.667	5.566.667	12.566.667	12.566.667	16.066.667	19.566.667	16.066.667	726.000.000
INGRESOS NETOS	**19.566.667**	**5.566.667**	**5.566.667**	**12.566.667**	**12.566.667**	**16.066.667**	**19.566.667**	**16.066.667**	**726.000.000**
Gastos Variables	**16.667**	**16.667**	**16.667**	**16.667**	**16.667**	**16.667**	**16.667**	**16.667**	**1.000.000**
Gasto de Capacitación Personal	16.667	16.667	16.667	16.667	16.667	16.667	16.667	16.667	1.000.000
Gasto Por Mantenimiento	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gastos Fijos	**7.243.285**	**7.243.285**	**5.100.000**	**5.100.000**	**5.100.000**	**5.100.000**	**5.100.000**	**5.100.000**	**331.719.422**
Gasto Personal (BackOffice)	5.100.000	5.100.000	5.100.000	5.100.000	5.100.000	5.100.000	5.100.000	5.100.000	306.000.000
Gasto de Consumo (Materiales)	2.143.285	2.143.285	-	-	-	-	-	-	25.719.422
UTILIDAD BRUTA	**12.306.715**	**- 1.693.285**	**450.000**	**7.450.000**	**7.450.000**	**10.950.000**	**14.450.000**	**10.950.000**	**393.280.578**
Gastos Administrativos (Marginales)	782.667	222.667	222.667	502.667	502.667	642.667	782.667	642.667	29.040.000
Gastos de Ventas Variables	391.333	111.333	111.333	251.333	251.333	321.333	391.333	321.333	14.520.000
Gastos de Ventas Fijos	273.933	77.933	77.933	175.933	175.933	224.933	273.933	224.933	10.164.000
Otros Gastos Inherentes (4X1000+Dsctos+ Etc)	391.333	111.333	111.333	251.333	251.333	321.333	391.333	321.333	14.520.000
EBITDA	**10.467.448**	**- 2.216.552**	**- 73.267**	**6.268.733**	**6.268.733**	**9.439.733**	**12.610.733**	**9.439.733**	**325.036.578**
Depreciaciones Mercancías (MLR)	-$ 113.561	-$ 113.561	-$ 113.561	-$ 113.561	-$ 113.561	-$ 113.561	-$ 113.561	-$ 113.561	-$ 6.813.646
EBIT	**10.353.887**	**- 2.330.113**	**- 186.827**	**6.155.173**	**6.155.173**	**9.326.173**	**12.497.173**	**9.326.173**	**318.222.932**
Impuestos Operativos	3.313.244	745.636	59.785	(1.969.655)	(1.969.655)	(2.984.375)	(3.999.095)	(2.984.375)	(104.152.483)
UTILIDAD OPERATIVA DESPUÉS DE IMPUESTOS	**13.667.131**	**- 1.584.477**	**- 127.043**	**4.185.517**	**4.185.517**	**6.341.797**	**8.498.077**	**6.341.797**	**214.070.449**
(+) Depreciaciones y Amortizaciones	113.561	113.561	113.561	113.561	113.561	113.561	113.561	113.561	6.813.646
FLUJO DE CAJA BRUTO	**13.780.692**	**- 1.470.916**	**- 13.482**	**4.299.078**	**4.299.078**	**6.455.358**	**8.611.638**	**6.455.358**	**220.884.095**
									-
CAPITAL DE TRABAJO (CT)	**(12.100.000)**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**-**	**(12.100.000)**
Costo Inversiones	(6.952.700)	-	-	-	-	-	-	-	(6.952.700)
FLUJO DE CAJA LIBRE	**(5.272.008)**	**(1.470.916)**	**(13.482)**	**4.299.078**	**4.299.078**	**6.455.358**	**8.611.638**	**6.455.358**	**201.831.395**

INVERSIONES EN CAPITAL DE TRABAJO	**12.100.000**
INVERSIONES EN ACTIVOS FIJOS	**6.952.700**

Fuente: Elavoración propia. [Ver anexo: Modelo Financiero]

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los resultados expuestos en la viabilidad del presente proyecto, se espera en la primera etapa de construcción de la cámara anecoica: los índices de quejas y reclamos posventa, disminuyan en por lo menos un 50% en su primer año reduciendo costos y reprocesos.

Por otra parte, dependiendo de la demanda interna y capacidad instalada se podrá elaborar una siguiente fase del proyecto en la cual el uso de la cámara puede venderse como servicio para otro tipo de aplicaciones, no necesariamente la fabricación de transformadores.

Entendiendo la viabilidad financiera y técnica del proyecto como punto clave del desarrollo del actual proyecto, y luego de los estudios realizados; se recomienda la ejecución del mismo a la alta gerencia, dado que el desarrollo del subproceso de prueba de equipos inhouse permitirá controlar los factores externos que influyen en las incidencias posventa de los equipos actualmente relacionados con las pruebas de emisión sonora. Por otra parte, los costos de transporte y ejecución de las pruebas con un proveedor externo, desaparecerán por completo, permitiendo así tener mejores tiempos en las entregas de los equipos.

Las pruebas de emisión sonora realizadas en la cámara anecoica permitirán detectar inconsistencias del proceso de fabricación, realizar un ajuste más oportuno y aumentar la fiabilidad de los equipos como proceso de mejora continua en calidad.

La reducción de quejas y/o garantías de producto posventa hará que el *goodwill* de la compañía se fortalezca haciéndola una marca más reconocida y competitiva en el mercado.

9 REFERENCIAS

Comité NTC (septiembre, 2012). Documento CTN 130 Transformadores Eléctricos. Recuperado de https://portal.icontec.org/VisualizarComiteAnonimo/?id=c7b6c301-9fe4-e511-80c1-00155d21de0a

Mora, J. (2015). Diseño e implementación de un laboratorio de pruebas de transformadores en la universidad técnica de Cotopaxi sede la maná, del cantón la maná, provincia de Cotopaxi año 2013 (Tesis de pregrado). Universidad técnica de Cotopaxi extensión la maná, Cotopaxi.

Nacional de Transformadores S.A.S. (2020). Departamento de quejas Historial solicitudes de Mantenimiento. [Archivo Excel]. Bogotá: inf. Téc.

Nacional de Transformadores SAS. (2020). PRODUCTOS. Recuperado de https://www.tesla.com.co/productos-tesla

Ramírez, A., Rivas, E., López, D. (2013). Modelamiento y análisis de ruido en transformadores mediante elementos finitos. Revista Redes de Ingeniería, 4(1), 29-37.

ORTEGÓN, E., PACHECO, J., & PRIETO, A. (2005). Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas - Manuales CEPAL. New York: Naciones Unidas CEPAL.

QUINTANA, R., GARCÍA, R., & HERRERA, L. (2008). Diseño de una cámara anecoica con aplicación para trabajo acústico. Universidad de San Buenaventura

ORDOÑEZ, C. & VÉLEZ, P. (2014). Estudio, diseño e implementación de una cámara anecoica para el análisis acústico de sistemas mecánicos del motor de combustión interna alternativo. Universidad Politécnica Salesiana, sede Cuenca.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ. (2020). Boletín de vigilancia Tecnológica. Oficina de Innovación.

EL TIEMPO. (2020). En -8,5 % cayó la producción industrial del país durante julio. Recuperado de: https://www.eltiempo.com/economia/sectores/produccion-industrial-de-julio-del-2020-en-colombia-cayo-8-5-por-ciento-537736

EMIS Academic Database. (2020). *Credit analysis, business development database*.

ICONTEC. (2013). *NTC 5978:2013 Electrotecnia. Transformadores monofásicos y trifásicos. Valores de referencia de emisión sonora*. ICONTEC

ICONTEC. (2013). *NTC 5979:2013 Electrotecnia. Transformadores monofásicos y trifásicos. Determinación de los niveles de presión sonora, intensidad sonora y potencia sonora*. ICONTEC

Organización Internacional de Estandarización. (2012). *3745 Acústica. Determinación de niveles de sonido y energía de sonido de fuentes de ruido usando presión. Métodos de precisión para cámaras anecoicas y hemi-anecoicas*. ISO.