



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA-COLOMBIA

ÍNDICES DE CONFIABILIDAD A TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS EN LA REGIONAL OCAÑA DE LA  
EMPRESA CENTRALES ELÉCTRICAS DEL NORTE DE SANTANDER S.A E.S.P DEL AÑO 2018 AL 2022

AUTOR

LEONARDO VIDAL MEJÍA PEÑA

DIRECTOR

Ing. LIBARDO GAMBOA ARAQUE

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,  
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA



UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
ÍNDICES DE CONFIABILIDAD A TRANSFORMADORES ELÉCTRICOS EN LA REGIONAL OCAÑA DE LA  
EMPRESA CENTRALES ELÉCTRICAS DEL NORTE DE SANTANDER S.A E.S.P DEL AÑO 2018 AL 2022

AUTOR

LEONARDO VIDAL MEJÍA PEÑA

TRABAJO DE GRADO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE INGENIERO ELÉCTRICO

DIRECTOR

Ing. LIBARDO GAMBOA ARAQUE

PRÁCTICA EMPRESARIAL

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,  
SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES  
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

PAMPLONA

DICIEMBRE, 2022

## DEDICATORIA

Dedicado con honor especial a mis queridos padres Tito Mejía y Arabella Peña, a mis bellas hermanas Tiara y Anayra por ser el pilar fundamental de motivación para alcanzar este logro académico. **¡Aquí está, es para ustedes!**

También dedicado a todos mis familiares y amigos, que nunca dejaron de creer en mí desde el primer día.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a Dios y a la vida por permitirme alcanzar este tan esperado logro académico.

Agradecer a mi tío Ing. Belisario Peña y madrina Ing. Yaneth Maldonado por estar siempre presente desde el primer día de mi llegada a la ciudad de Pamplona. **¡Por Siempre Gracias!**

A nuestra prestigiosa casa de estudios, la Universidad de Pamplona por aceptarme y formarme académicamente. **¡Gracias!**

A mi docente tutor de este trabajo de grado, el Ing. Libardo Gamboa Araque por todo su tiempo, paciencia y disposición dedicada. **¡Gracias!**

A la prestigiosa empresa Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A E.S.P por darme la oportunidad de hacer mis prácticas universitarias, en especial a mis compañeros de la regional de Ocaña. **¡Gracias!**

Y finalmente a todas aquellas personas que de alguna u otra manera contribuyeron con mi persona para la obtención de este logro académico. **¡Gracias!**

## RESUMEN

En el presente documento se dan a conocer los resultados de un estudio de índices de confiabilidad en transformadores eléctricos de distribución pertenecientes a la empresa Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A E.S.P, lo cual se obtienen mediante los registros de información operativa en un periodo de tiempo de 4,75 años (2018- 2022 Septiembre).

La población que estará bajo estudio son los transformadores eléctricos de distribución pertenecientes al circuito alimentador con más transformadores reportados en fallo durante el tiempo de estudio. Posteriormente se realiza una clasificación de los eventos de interrupción programadas y no programadas, donde se obtienen para cada categoría el porcentaje de participación respecto a la participación de las salidas y a las horas de indisponibilidad del grupo de componentes.

Se considera que este documento llega aportar un conocimiento útil para la empresa, ya que a partir de dichos índices pueden surgir nuevas medidas o procesos en búsqueda de mejorar la confiabilidad.

## ABSTRACT

This document discloses the results of a study of reliability indices in electrical distribution transformers belonging to the company Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A E.S.P, which are obtained by recording operational information over a period of time. of 4.75 years (2018- 2022 September).

The population that will be under study are the electrical distribution transformers belonging to the feeder circuit with the most transformers reported in failure during the study period. Subsequently, a classification of scheduled and unscheduled interruption events is carried out, where the percentage of participation with respect to the participation of the outputs and the hours of unavailability of the group of components are obtained for each category.

It is considered that this document comes to provide useful knowledge for the company, since new measures or processes may arise from these indices in search of improving reliability.

## LISTA DE CONTENIDO

|                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| RESUMEN .....                                                                                                    | 1  |
| ABSTRACT .....                                                                                                   | 1  |
| LISTA DE CONTENIDO .....                                                                                         | 2  |
| LISTA DE FIGURAS.....                                                                                            | 4  |
| LISTA DE TABLAS.....                                                                                             | 5  |
| LISTA DE ANEXOS .....                                                                                            | 6  |
| CAPÍTULO I – PLAN DE TRABAJO .....                                                                               | 7  |
| 1.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA .....                                                                             | 7  |
| 1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN.....                                                               | 8  |
| 1.2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....                                                                             | 8  |
| 1.2.2 JUSTIFICACIÓN.....                                                                                         | 9  |
| 1.3. OBJETIVOS .....                                                                                             | 9  |
| 1.3.1. OBJETIVO GENERAL .....                                                                                    | 9  |
| 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....                                                                                | 9  |
| 1.3.3. ACOTACIONES .....                                                                                         | 10 |
| CAPÍTULO II – DESARROLLO .....                                                                                   | 11 |
| 2.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS PARA LOGRAR EL CUMPLIMIENTO DE LOS<br>OBJETIVOS .....             | 11 |
| 2.2. DESCRIPCIÓN DE LAS HERRAMIENTAS CONCEPTUALES Y METODOLÓGICAS UTILIZADAS EN LA<br>PRÁCTICA EMPRESARIAL ..... | 13 |
| 2.2.1. HERRAMIENTAS CONCEPTUALES .....                                                                           | 13 |
| 2.2.1.1. Índices de confiabilidad.....                                                                           | 13 |
| 2.2.1.2 Conceptos básicos para el análisis de índices de confiabilidad.....                                      | 15 |
| 2.2.1.3. Tipos de estudio de confiabilidad.....                                                                  | 17 |
| 2.2.1.4. Componente y sistema.....                                                                               | 18 |
| 2.2.1.5. Componentes y sistemas por tipo de funcionamiento .....                                                 | 18 |
| 2.2.1.6. Clasificación de los eventos de salida.....                                                             | 19 |
| 2.2.1.7. Índices de confiabilidad estadísticos .....                                                             | 20 |
| 2.2.1.8. Contextualización del “3T” .....                                                                        | 24 |

|                                                                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.2.1.9. Estimación de parámetros Weibull .....                                                                                                | 24 |
| 2.2.2. HERRAMIENTAS METODOLÓGICAS.....                                                                                                         | 26 |
| 2.2.2.1 Nivel del documento .....                                                                                                              | 26 |
| 2.2.2.2. Diseño del documento .....                                                                                                            | 26 |
| 2.2.2.3. Técnicas de recolección de datos.....                                                                                                 | 27 |
| 2.2.2.4. Orientación del documento .....                                                                                                       | 28 |
| 2.2.2.5. Población y muestra .....                                                                                                             | 28 |
| CAPÍTULO III – RESULTADOS .....                                                                                                                | 29 |
| 3 .1 ESTABLECER EL CIRCUITO ALIMENTADOR .....                                                                                                  | 29 |
| 3.1.1. GENERALIDADES.....                                                                                                                      | 29 |
| 3.1.2. SELECCIÓN DEL CIRCUITO ALIMENTADOR .....                                                                                                | 30 |
| 3.1.3. TRANSFORMADORES FALLADOS POR MESES .....                                                                                                | 34 |
| 3.1.4. CARACTERIZACIÓN DEL CIRCUITO .....                                                                                                      | 35 |
| 3.1.5. RESULTADO DE LA SELECCIÓN DE LOS 3T .....                                                                                               | 36 |
| 3.1.6. CLASIFICACIÓN DE EVENTOS EN INTERRUPCIONES .....                                                                                        | 37 |
| 3.1.7. ÍNDICES DE CONFIABILIDAD .....                                                                                                          | 40 |
| 3.1.9. PARÁMETROS WEIBULL.....                                                                                                                 | 43 |
| 3.2 ANÁLISIS DE IMPACTOS DE LA PRÁCTICA.....                                                                                                   | 45 |
| 3.2.1. IMPACTO SOCIAL.....                                                                                                                     | 45 |
| 3.2.2. IMPACTO ECONÓMICO .....                                                                                                                 | 46 |
| 3.2.3. IMPACTO EMPRESARIAL.....                                                                                                                | 46 |
| CAPÍTULO IV – RECOMENDACIONES.....                                                                                                             | 47 |
| 4.1. PARA EL PROGRAMA.....                                                                                                                     | 47 |
| 4.1.1. TEMÁTICAS, SOFTWARE, HABILIDADES, ETC. USADOS EN LA PRÁCTICA Y QUE<br>FALTARON EN MI FORMACIÓN COMO INGENIERO ELÉCTRICO.....            | 48 |
| 4.1.2. TEMÁTICAS, SOFTWARE, HABILIDADES, ETC, USADAS EN LA PRÁCTICA Y QUE UTILIZÓ<br>Y APRENDIÓ EN SU FORMACIÓN COMO INGENIERO ELÉCTRICO. .... | 48 |
| 4.2. PARA FUTUROS PRACTICANTES .....                                                                                                           | 48 |
| 4.3. RECOMENDACIONES PARA LA EMPRESA.....                                                                                                      | 48 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....                                                                                                               | 50 |
| ANEXOS .....                                                                                                                                   | 52 |

## LISTA DE FIGURAS

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1. Servicios prestados por Centrales Eléctricas del Norte de Santander ..... | 7  |
| Figura 2. Diagrama de actividades realizadas .....                                  | 12 |
| Figura 3. Fases del servicio de energía eléctrica .....                             | 14 |
| Figura 4. Seguridad En función de las variables .....                               | 16 |
| Figura 5. Modelamiento componente y sistema .....                                   | 18 |
| Figura 6. Ciclo operativo de un componente o sistema continuamente operado .....    | 20 |
| Figura 7. Análisis de confiabilidad en el tiempo.....                               | 20 |
| Figura 8. Cantidad de transformadores según zona .....                              | 30 |
| Figura 9. Total de transformadores fallados por meses .....                         | 34 |
| Figura 10. Diagrama unifilar subestación convención .....                           | 35 |
| Figura 11. Zonas de instalación de los transformadores .....                        | 36 |
| Figura 12. Cantidad de salidas en diagrama circular de porcentaje .....             | 39 |
| Figura 13. Porcentaje de horas indisponibles .....                                  | 40 |
| Figura 14. Probabilidad vs tiempo.....                                              | 44 |

## LISTA DE TABLAS

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. Tipo de eventos de salida .....                                                    | 19 |
| Tabla 2. Índices de confiabilidad .....                                                     | 23 |
| Tabla 3. Transformadores de la regional de Ocaña .....                                      | 29 |
| Tabla 4. Transformadores fallados en el año 2018 .....                                      | 30 |
| Tabla 5. Transformadores fallados en el año 2019 .....                                      | 31 |
| Tabla 6. Transformadores fallados en el año 2020 .....                                      | 31 |
| Tabla 7. Transformadores fallados en el año 2021 .....                                      | 32 |
| Tabla 8. Transformadores fallados en el año 2022 .....                                      | 33 |
| Tabla 9. Global de transformadores fallados .....                                           | 33 |
| Tabla 10. Total de transformadores fallados por circuito alimentador .....                  | 34 |
| Tabla 11. Transformadores por municipio .....                                               | 35 |
| Tabla 12. Clasificación de participación por porcentajes según eventos no programadas ..... | 37 |
| Tabla 13. Clasificación de participación por porcentajes según eventos programadas .....    | 38 |
| Tabla 14. Clasificación de participación por horas según eventos no programadas .....       | 38 |
| Tabla 15. Clasificación de participación por horas según eventos no programadas .....       | 39 |
| Tabla 16. Índices de confiabilidad 172 "3T" .....                                           | 41 |
| Tabla 17. Índices de confiabilidad de los 653 "3T" .....                                    | 42 |
| Tabla 18. Parámetros Weibull .....                                                          | 43 |
| Tabla 19. Probabilidad de falla vs tiempo .....                                             | 45 |

## LISTA DE ANEXOS

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Anexo A. Contextualización “3T” .....                                              | 52 |
| Anexo B. Diagrama de Pareto respecto a los transformadores fallados .....          | 52 |
| Anexo C. Valores representativos de transformadores fallados.....                  | 53 |
| Anexo D. Transformadores fallados según circuito alimentador.....                  | 53 |
| Anexo E. Ubicación geográfica de los 653 transformadores .....                     | 54 |
| Anexo F. Mapa de calor de los 3T fallados.....                                     | 54 |
| Anexo G. Barras en mapa referente a los 3T .....                                   | 55 |
| Anexo H. Valores de participación pertenecientes a las salidas no programadas..... | 55 |
| Anexo I. Valores de horas de indisponibilidad .....                                | 56 |
| Anexo J. Transformadores fallados por meses y años .....                           | 56 |
| Anexo K. 3T fallados según cantidad y años .....                                   | 57 |
| Anexo L. 3T que han fallado más de 2 veces.....                                    | 59 |
| Anexo M. Cálculos de índices de confiabilidad a los 3T .....                       | 60 |
| Anexo N. Código de parámetros en software python.....                              | 65 |
| Anexo O. Código función de probabilidad software python.....                       | 65 |

## CAPÍTULO I – PLAN DE TRABAJO

### 1.1. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

La empresa “Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A E.S.P es una empresa que tiene registro de ser fundada en la ciudad de San José de Cúcuta en el mes octubre del año 1.952 pero inició sus funciones en el mes de enero de 1.953. Inicialmente tendría por nombre Centrales Eléctricas de Cúcuta S.A. Cuyo nombre se cambió un par de años más tarde en 1.955 a Centrales Eléctricas de Norte de Santander. Lo cual “CENS” como se denotan de sus iniciales, es la empresa prestadora del servicio de energía eléctrica, que basa su negocio en tres funciones fundamentales que son: transmisión de energía, distribución de energía y comercialización de energía (Informe de sostenibilidad CENS, 2021). Como se aprecia en la Figura 1.

**Figura 1.** Servicios prestados por Centrales Eléctricas del Norte de Santander



Tomado de: Informe de sostenibilidad de CENS, 2021

Adicionalmente presta los servicios conexos y especializados de: Instalación y calibración de medidores, Instalación de conectores, ensayos a elementos y herramientas de protección personal (EPP) y colectiva, ensayo de contenido de PCB's en aceite dieléctrico por cromatografía de gases, ensayos de aislamiento de equipos asociados a la red, ensayos a transformadores de distribución.

Mantenimiento de línea viva, análisis termo gráfico, mantenimiento de subestaciones, analizador de redes, alquiler de planta de emergencia, alquiler de transformadores (servicios especializados).

La empresa CENS esta subdividida en 5 regionales como lo son:

Regional de Ocaña que atiende organizacionalmente 11 municipios, regional Aguachica que atiende organizacionalmente 7 municipios, Regional Pamplona que atiende organizacionalmente 13 municipios, regional Tibú que atiende organizacionalmente 13 municipios, regional de Cúcuta que atiende organizacionalmente el área metropolitana de la ciudad y 3 municipios. Para el año 2021 logro obtener una capacidad total de distribución de 1.043 MVA, referente a redes de transmisión y distribución alcanzó 27.080 km de nuevas líneas, 22.343 transformadores de distribución instalados, 40 subestaciones, 61 transformadores de potencia, 1.297,5 MVA en potencia de transformación instalada (Informe de sostenibilidad CENS, 2021).

Tiene como registro de población impactada en Norte de Santander de 1.620.318 habitantes, en el sur del Cesar 197.616 habitantes y finalmente en el sur de Bolívar 34.080 habitantes, teniendo en cuenta lo anterior mencionado decimos que la empresa CENS tiene 572,573 usuarios (clientes) (Informe de sostenibilidad CENS, 2021).

Es importante destacar que durante el año 2007 el gobierno nacional de aquel momento promovió la venta de sus participaciones accionarias mayoritarias en las electrificadoras correspondientes en aquel momento, entre ellas CENS pasa a ser vendida (mayoría de acciones 78%) al grupo EPM (Empresas Públicas de Medellín) (Informe de sostenibilidad CENS, 2021).

## 1.2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACIÓN

### 1.2.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Un sistema eléctrico de distribución está constituido de diversos componentes, lo cual pueden presentar algún tipo de fallas o anomalías; bien sea por causas propias o externas de los componentes que le impiden su buen funcionamiento.

Cuando dichos transformadores fallan los usuarios se ven afectados por la baja calidad del servicio recibido, debido a las interrupciones que estos mismos causan. A raíz de ello la empresa puede llegar a verse perjudicada debido a las inconformidades que pueden surgir, como pueden ser:

- Bajos índices de calidad del servicio.
- Inconformidad de los usuarios.
- Penalizaciones por los entes regulatorios.
- Pérdidas monetarias.
- Bajos índices de confiabilidad.

Un aspecto importante a considerar son los índices de confiabilidad. Estos se pueden ver afectados de gran manera en la cantidad de transformadores eléctricos de distribución reportados en fallo, recordando que son los transformadores los que finalmente llevan el nivel de tensión adecuado según sea la necesidad de los usuarios.

### 1.2.2. JUSTIFICACIÓN

Determinar los estándares de calidad, seguridad y confiabilidad para los servicios de energía es una de las cosas más importantes cuando se diseña un sistema de energía eléctrica, esto hace que sea muy importante comprender la confiabilidad de cada componente del sistema eléctrico, con esta información a mano la empresa podrá crear estrategias de mejora global en la confiabilidad general del sistema eléctrico (Sánchez. Henao, 2019).

Los operadores de red se ven en la obligación de prestar un servicio a los usuarios bajo conceptos como calidad, confiabilidad y continuidad. De lo contrario se ven involucrados pagando considerables multas económicas (Comisión de regulación de energía y gas 015, 2018).

En el presente documento de trabajo de grado se buscará beneficiar a la empresa Centrales Eléctricas del Norte de Santander, regional Ocaña, ya que mediante algunos aspectos estudiados se sugerirán acciones con el fin de mejorar la confiabilidad del sistema, que impactarían positivamente en la calidad del servicio prestado, uso o gestión de activos y entre otros aspectos.

Posteriormente al poder beneficiar a la empresa se verán beneficiados indirectamente los usuarios de la misma, pudiendo aportar en este sentido al buen desarrollo social e integral mediante el buen servicio y uso de la energía eléctrica.

## 1.3. OBJETIVOS

### 1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Determinar los índices de confiabilidad a transformadores eléctricos en la regional Ocaña de la empresa Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A E.S.P pertenecientes al circuito alimentador con más transformadores en fallo.

### 1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

-Identificar el circuito con mayor número de transformadores en fallo.

-Clasificar los eventos de interrupción que afecten a los transformadores eléctricos de distribución pertenecientes al circuito alimentador con más transformadores en fallo.

-Calcular los índices de confiabilidad a transformadores eléctricos pertenecientes al circuito alimentador con más transformadores en fallo.

### 1.3.3. ACOTACIONES

-Se trabajará con información recolectada (datos obtenidos) perteneciente a la fecha de enero del 2018 hasta septiembre del 2022.

-El cálculo de índices de confiabilidad se realizará a los transformadores pertenecientes al circuito alimentador con mayor índice de transformadores reportados en fallo durante los años 2018 (enero) al 2022 (septiembre).

-Se utilizarán como herramientas principales los aplicativos “Microsoft Excel”, “EAM Máximo” y “Planeador de mantenimientos” (Últimos dos propiedades de C.E.N.S SA ESP)

## CAPÍTULO II – DESARROLLO

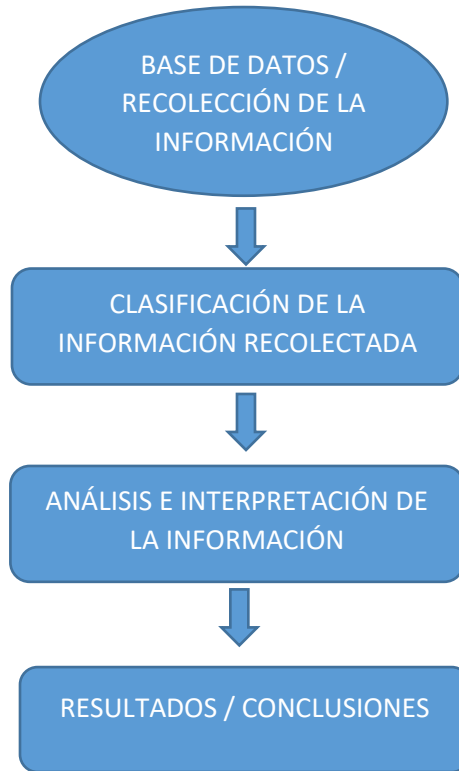
### 2.1. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS PARA LOGRAR EL CUMPLIMIENTO DE LOS OBJETIVOS

Para lograr con el cumplimiento de los objetivos, se desarrollaron varias actividades con algún tipo de orden de realización, las cuales se enuncian a continuación.

- Realizar la socialización de convenio de práctica empresarial.
- Establecimiento del tema de trabajo de grado como lo fue índices de confiabilidad a transformadores eléctricos en la regional Ocaña de la empresa Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A E.S.P del año 2018 al 2022.
- Posteriormente se procede a realizar la gestión de permisos que contribuyan con la obtención y recolección de información bien sea mediante medios físicos o aplicativos pertenecientes a la empresa.
- Se recolectaron todos los datos e información influyente.
- Se procedió a organizar y clasificar la información.
- Seguidamente se identifica el circuito alimentador con mayor índice de transformadores reportados en fallo; para ello se realizan las sumatorias y luego se calculan los valores porcentuales correspondientes.
- Con la actividad anterior mencionada ya realizada, se procede a clasificar los eventos de interrupciones que me afecten los transformadores pertenecientes al circuito alimentador con más transformadores en fallo; para ello se realiza un estudio minucioso de todas las salidas, posteriormente se establecen valores porcentuales según tipos de eventos.
- Se procede a calcular los índices de confiabilidad con base a la información de datos previamente obtenidos.
- Se establecen y/o sugieren acciones para la empresa que puedan ayudar a mejorar los índices de confiabilidad

Dichas actividades se pueden visualizar de manera más entendible en su metodología de realización, en la Figura 2.

**Figura 2.** Diagrama de actividades realizadas



Tomado de: Autor

**Actividad a realizar: Recolección de la información.**

Se procede a trabajar en la recolección de la información, tratando de que sea un proceso lo más confiable y accesible posible, mediante las autorizaciones, alcances o limitaciones que se puedan tener por parte de la empresa o terceros. Teniendo presentes los informes operativos entre los años 2018-2022, número de transformadores instalados.

**Actividad a realizar: Clasificación de la información recolectada.**

Una vez recolectada la información, se procede a clasificarla teniendo en cuenta los criterios o aspectos convenientes como pueden ser algunos escenarios de fallas, para poder dar cumplimiento a la necesidad existente, en este caso resolver los objetivos.

**Actividad a realizar: Análisis e interpretación de la información recolectada.**

Después de dicha clasificación se procede a realizar el análisis correspondiente, para este caso se procede a calcular los índices de confiabilidad en diferentes planteamientos, se establecen las interrupciones planeadas y no planeadas aplicando los conocimientos o criterios de ingeniería necesarios.

Actividad a realizar: Resultados Obtenidos.

Se procede a establecer los resultados obtenidos con base a las actividades anteriormente realizadas.

## 2.2. DESCRIPCION DE LAS HERRAMIENTAS CONCEPTUALES Y METODOLÓGICAS UTILIZADAS EN LA PRÁCTICA EMPRESARIAL

### 2.2.1. HERRAMIENTAS CONCEPTUALES

#### 2.2.1.1. Índices de confiabilidad

Actualmente en la sociedad existen una gran diversidad de tipos de productos y servicios, tales como pueden ser:

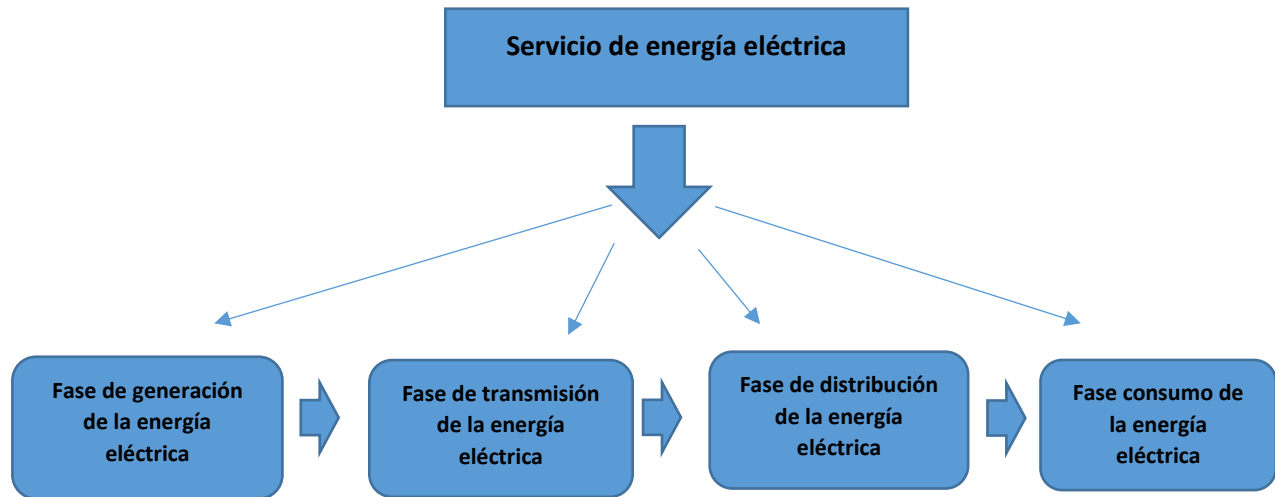
- Productos: Bombilla eléctrica, bicicleta, teléfonos celulares, transformador eléctrico, etc.
- Servicios: Agua potable, internet, gas, correo, electricidad, etc.

Debido a esto, los productos o componentes pueden ser considerados simples o complejos, dependiendo de los subcomponentes que los puedan conformar. Por otra parte, estos componentes pueden ser modelados como un sistema y ser visto como un todo externamente, sin importar la cantidad de subcomponentes que lo puedan llegar a conformar (Carlos Zapata, 2011).

Se considera que los servicios son provistos por sistemas que pueden llegar a ser de gran tamaño. Los sistemas están constituidos por un conjunto de múltiples componentes (productos), seguido de las personas encargadas de su operación. Por ejemplo, el servicio de energía eléctrica está conformado por muchos componentes físicos, estos a su vez llegan a estar subdivididos en fases funcionales o subsistemas debido a su gran tamaño y complejidad en su análisis y ejecución (Carlos Zapata, 2011). Como se puede observar en la Figura 3.

La principal importancia de lo escrito anteriormente, viene dada sobre qué tipo de análisis de confiabilidad, nivel de detalle y objetividad se desea llegar, bien sea la confiabilidad de un sistema completo o solo la confiabilidad de un solo componente perteneciente a ese sistema.

**Figura 3.** Fases del servicio de energía eléctrica



Tomado de: Autor

En términos prácticos, la confiabilidad de cualquier tipo de sistema, radica en la confiabilidad de sus componentes, por tal motivo es indispensable realizar los estudios correspondientes para saber las causas de las salidas de los componentes y obtener los índices de confiabilidad, con el objetivo de mejorar la confiabilidad del sistema.

Los índices brindaran un análisis de situaciones importantes como pueden ser: el desempeño del componente con respecto a valores de referencia u objetivo, toma de decisiones, mejor planeamiento de mantenimientos, medida correctivas, entre otras. Para esto se es necesario de tener algún registro de historiales de informes operativos del sistema a analizar (Carlos Zapata, 2011).

En el presente estudio se quiere conocer los índices de confiabilidad de los transformadores de distribución pertenecientes al circuito alimentador con más transformadores reportados en fallo, de la empresa Centrales Eléctricas del Norte de Santander regional de Ocaña, debido a que por su naturaleza de fallas afectan la confiabilidad del sistema de distribución local de Ocaña.

Las fallas suelen denominarse como un comportamiento fuera de lo normal del desempeño u operación esperada del componente y pueden ser consecuencia por defectos de fabricación, errores operativos o de procedimiento, entre otros (Carlos Zapata, 2011).

Por este motivo, se establece que los componentes o sistemas brinden tres principales aspectos fundamentales como lo son:

- Calidad.

- Confiabilidad.
- Seguridad.

De esto decimos que a medida que se aumente la seguridad y calidad, mejora la confiabilidad del componente o sistema.

Los conceptos básicos planteados en este documento, se encuentran en un contexto aplicables a la ingeniería y cálculos para los índices de confiabilidad, aunque puede existir el caso de otro tipo de definiciones en otro tipo de aplicaciones.

#### 2.2.1.2. Conceptos básicos para el análisis de índices de confiabilidad

##### **Confiabilidad**

Se establece como confiabilidad (Reliability) o fiabilidad, la habilidad del sistema para cumplir su misión y se relaciona generalmente con el aspecto de continuidad en el servicio cumpliendo los requerimientos de calidad de la potencia y seguridad. La confiabilidad se simboliza con la letra R. (Reliability) (Carlos Zapata, 2011).

Se puede establecer que no es posible ofrecer una confiabilidad en el servicio del 100% bajo todas las condiciones de operación debido a:

- La incertidumbre sobre la disponibilidad de los componentes del sistema debido a las fallas aleatorias internas y externas que los afectan.
- La incertidumbre sobre la disponibilidad de los recursos de generación.
- La incertidumbre sobre la demanda de los usuarios.
- Las limitaciones de tipo económico que impiden mejorar la calidad y el grado de redundancia de los componentes.

Por lo tanto, se deberán tolerar las fallas en el sistema siempre y cuando no sean muy frecuentes, no sean muy prolongadas y se trabajen en la mitigación de ellas.

##### **Disponibilidad**

Se considera por disponibilidad como la probabilidad de que un componente o sistema pueda cumplir su función en las condiciones operativas especificadas en un instante de tiempo dado (Carlos Zapata, 2011).

Los componentes reparables rigen bajo la definición de la disponibilidad, pues soportan fallas y se pueden analizar en cualquier instante de tiempo. Estos se simbolizan con la letra A (Availability) para disponibilidad, U (Unavailability) para indisponibilidad.

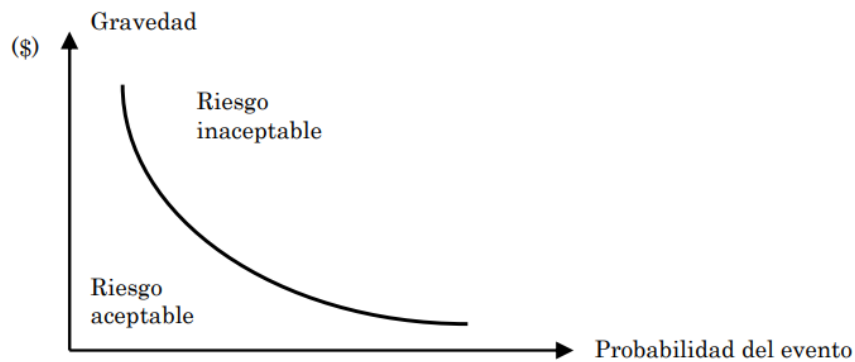
### **Seguridad**

Es la probabilidad de evitar un evento peligroso. Se simboliza con la letra S (Security) (Carlos Zapata, 2011).

Es importante tener presente, que al aumentar los niveles de seguridad considerablemente se tiene la ventaja de controlar o manipular una falla, así mismo, restaurarla en un tiempo conveniente, para que el usuario y el medio ambiente que lo rodea no se vean perjudicados.

La seguridad (nivel de riesgo), está en función de las variables: gravedad (costo económico) y la probabilidad del evento. Como podemos observar en la Figura 4. El cual esta aplicado a un análisis de riesgo.

**Figura 4.** Seguridad En función de las variables



Tomado de: Confiabilidad en Ingeniería, Carlos J. zapata

En términos prácticos la gravedad de los eventos no proviene de la naturaleza de su origen sino de sus propias consecuencias para los usuarios, el medio ambiente y para el mismo componente o sistema (Carlos Zapata, 2011).

### **Mantenibilidad**

Es la probabilidad de que una operación dada de mantenimiento pueda ser realizada en un intervalo de tiempo dado (Carlos Zapata, 2011). La mantenibilidad establece en su definición, que puede ser mantenimiento preventivo en el caso de las fallas planeadas, o correctivo para fallas no planeadas. La mantenibilidad se simboliza con la letra M (Maintainability).

### 2.2.1.3. Tipos de estudio de confiabilidad

**Cualitativo:** Es una valoración superficial, lo cual no expresa ningún índice numérico, en otras palabras, solo es una apreciación. Por ejemplo. “No fallara”, “Es muy confiable”, “Este equipo es mejor que aquel” (Carlos Zapata, 2011).

Cabe mencionar que esta valoración no sirve para comparar alternativas o realizar análisis económicos, ya que carecen de detalles.

**Cuantitativo:** De acuerdo con Zapata (2011) “es una valoración objetiva. Se establecen índices numéricos que pueden ser determinísticos o probabilísticos” (p.13).

**Determinísticos:** De acuerdo con Zapata (2011) “Las variables se consideran fijas o con funciones, con el propósito de determinar su valor para cualquier instante de tiempo” (p.13).

**Probabilísticos:** Para este estudio se utilizan variables aleatorias, es decir variables sin ningún tipo de valor fijo, lo cual permiten establecer su valor en un instante de tiempo determinado. Estas variables se expresan en términos de probabilidad (Carlos Zapata, 2011).

**Analítico:** Presenta el componente o sistema mediante un modelo matemático (ecuación o conjunto de ecuaciones), evaluando los índices de confiabilidad de manera directas. (Carlos Zapata, 2011).

**Simulación:** De acuerdo a Zapata (2011) “Se simula el comportamiento aleatorio del componente o sistema y se evalúan los índices de confiabilidad en forma indirecta por medio de técnicas numéricas” (p.15).

**Histórico:** Estudia el componente teniendo como base de datos pasados, con el fin de establecer un promedio de índices numéricos o estadísticos (Carlos Zapata, 2011).

**Predictivo:** Este análisis se utiliza para realizar un pronóstico a tiempo futuro de un componente o sistema, con variables aleatorias (Carlos Zapata, 2011).

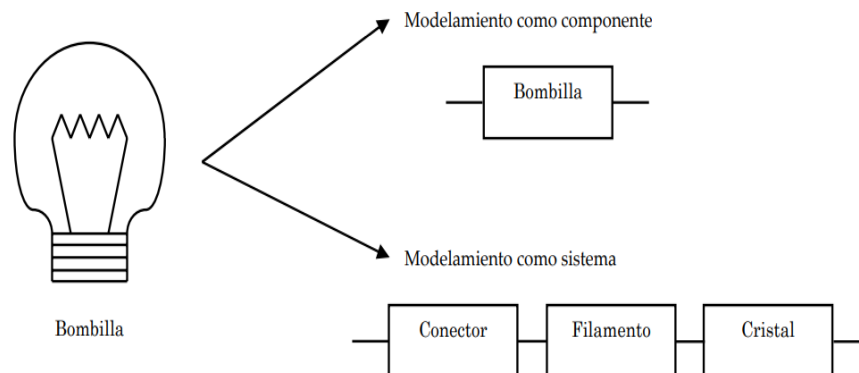
#### 2.2.1.4. Componente y sistema

La confiabilidad total de un componente o sistema, obedece a la confiabilidad de cada componente y su forma de operación (lo que se conoce por modo de falla) (Carlos Zapata, 2011).

- **Componente:** Se denomina por componente a una parte de un sistema o subsistemas que será modelado y estudiado de forma individual.
- **Sistema:** Se denomina a un conjunto de componentes o subsistemas.

En la Figura 5 se puede observar un modelamiento de un componente y un sistema. Cuando se modela como un componente se analiza la confiabilidad como un todo, sin encontrar un análisis en detalle de lo que sucede internamente, en el componente, pero cuando se modela como un sistema se analiza la confiabilidad individual de cada componente y su modo de falla.

**Figura 5.** Modelamiento componente y sistema



Tomado de: Confiabilidad en Ingeniería, Carlos J. zapata

#### 2.2.1.5. Componentes y sistemas por tipo de funcionamiento

Los tipos de sistemas y componentes se consideran orientados a una misión u objetivo, continuamente operando, modelos reparables y no reparables.

##### Componentes continuamente operados

Un componente en ejecución continua es aquel que siempre se ejecuta de forma continua, donde cualquier cosa que afecte su disponibilidad se denomina "salida". Este tipo de componentes se

consideran “reparables” porque si ocurre una falla pueden volver a su funcionamiento normal a través de un proceso de recuperación o restauración.

También podemos establecer que los componentes o sistemas operan de manera continua, soportando un estado de indisponibilidad, solo cuando ellos no son muy prolongados, ni muy frecuentes (Carlos Zapata, 2011). Por tener esta característica al poder incluirle los procesos de restauración de las salidas se consideran componentes o sistemas reparables.

#### 2.2.1.6. Clasificación de los eventos de salida

Las salidas de un componente continuamente operado pueden ser clasificadas según su naturaleza como se puede observar en la Tabla 1. Es muy importante considerar las salidas como no planeadas y planeadas en los índices de confiabilidad, todo esto debido a que los componentes del sistema de distribución pueden ser gran influyentes de unos índices de confiabilidad baja.

Para los componentes o sistemas continuamente operados, no se llega a considerar fallas simultaneas, el componente sea reparado mientras esté operando o que el componente falle mientras sea reparado (Carlos Zapata, 2011).

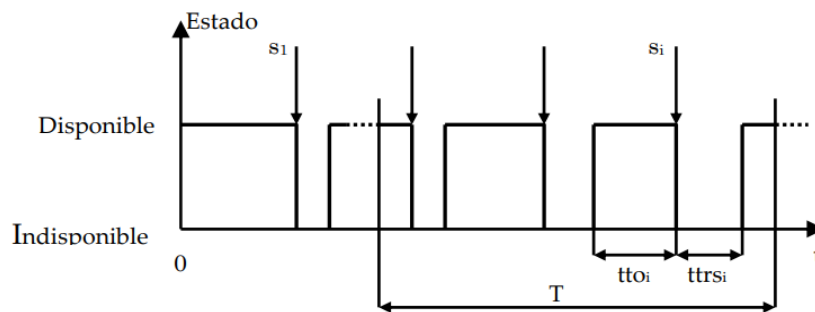
**Tabla 1.** Tipo de eventos de salida

| TIPO DE SALIDA       | DESCRIPCIÓN                  | EJEMPLO                                                                                                 | TTO                                         | TTRS                                |
|----------------------|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>NO PROGRAMADA</b> | No se conoce cuándo ocurrirá | -Fallas propias de componentes o sistema.<br>-Vandalismo.<br>-Incendios, inundaciones, terremotos, etc. | Tiempo para salida con tendencia aleatoria. | Tiempo para reparación, aleatorio.  |
| <b>PROGRAMADA</b>    | Se conoce cuándo ocurrirá    | -Mantenimiento preventivo.<br>-Ampliación/mejoramiento del sistema.<br>-Solicitud de entidad externa.   | Tiempo para salida, determinístico.         | Tiempo para restauración aleatorio. |

Cuando un grupo de componentes posee una secuencia operativa durante un periodo T, se puede presentar una transposición en sus salidas y reparaciones, puesto que algunos componentes pueden estar operando, mientras que otros pueden estar presentando fallas e inclusive pueden estar fuera de servicio. Por lo tanto, se debe de disponer el registro histórico de operación de un grupo de componentes (secuencia operativa, informes operativos) y no de una secuencia individual para cada componente.

La secuencia de operación del componente o sistema, está dada por la secuencia de las fallas, como se puede observar en la Figura 6. Donde se observa que cada salida tiene asociado un tiempo para salida ( $tto_i$ ) y un tiempo de restauración ( $ttrs_i$ ), estos son independientes entre sí.

**Figura 6.** Ciclo operativo de un componente o sistema continuamente operado



Tomado de: Confiabilidad en Ingeniería, Carlos J. zapata

#### 2.2.1.7. Índices de confiabilidad estadísticos

Los cálculos para los índices de confiabilidad corresponden a promedios estadísticos (valores esperados) para transformadores de distribución, representados como un grupo de componentes (Carlos Zapata, 2011). Se pueden considerar índices de confiabilidad basados principalmente en los registros de informes operativos diarios, lo cual se establecen en el siguiente orden de análisis como lo podemos observar en la Figura 7.

**Figura 7.** Análisis de confiabilidad en el tiempo



Tomado de: Confiabilidad en Ingeniería, Carlos J. zapata

#### Tasa de fallas " $\lambda$ "

Se interpreta como la media aritmética (promedio aritmético). Es el número de fallas de un componente y/o sistema por unidad de tiempo de exposición. La unidad más común en los análisis

de confiabilidad son las horas (h) o los años (y). Lo cual se expresa en fallas por hora o fallas por año (IEEE STD 493, 2007) se puede calcular mediante la siguiente ecuación (1).

$$\lambda = n_f / (NT - \sum_{i=1}^n ttr_i) \quad (1)$$

#### Tasa de salidas " $\lambda_0$ "

La tasa de salidas indica las salidas por año esperadas del componente (IEEE STD 493, 2007) se puede calcular mediante la siguiente ecuación (2).

$$\lambda_0 = n / (NT - \sum_{i=1}^n ttr_i) \quad (2)$$

#### Tasa de restauración " $\mu_0$ "

La tasa de restauración hace referencia a que tantas restauraciones se pueden esperar por año (IEEE STD 493, 2007) se puede calcular mediante la siguiente ecuación (3).

$$\mu_0 = 1 / MTTRS \quad (3)$$

#### Tasa de reparación " $\mu$ "

La tasa de reparación establece que tantas reparaciones se esperan por año (IEEE STD 493, 2007). Se considera que este resultado nos muestra que tan eficiente ha sido el tratamiento de reparación, si este parámetro es constante a través de varios estudios en el tiempo quiere decir que el rendimiento de proceso de reparación, equipo, personal y logística para solucionar una falla no mejora empeora con el tiempo. Se puede calcular mediante la siguiente ecuación (4).

$$\mu = 1 / r \quad (4)$$

#### Tiempo medio para salida " $MTTO$ "

Para este caso es el tiempo esperado para que se produzca la salida de funcionamiento de un transformador (IEEE STD 493, 2007) se puede calcular mediante la siguiente ecuación (5).

$$MTTO = \frac{1}{\lambda_0} \quad (5)$$

#### Tiempo medio para falla " $MTTF$ "

Es el tiempo esperado para que se produzca la falla de un transformador, también se puede interpretar como su "vida media" (IEEE STD 493, 2007) se puede calcular mediante la siguiente ecuación (6).

$$MTTF = 1 / \lambda \quad (6)$$

### Tiempo medio para restauración "MTTRS"

El tiempo medio para restauración indica el tiempo en horas que se utiliza para realizar una restauración de la salida.

$$MTTRS = \sum_{i=1}^n ttr_i / n \quad (7)$$

### Tiempo medio para reparación "MTTR"

El tiempo medio para reparación indica el tiempo en horas que se utiliza para realizar una reparación de una falla, lo cual se puede calcular mediante la ecuación (8).

$$MTTR = \sum_{i=1}^n ttr_i / n \quad (8)$$

### Disponibilidad operacional "A<sub>0</sub>"

La disponibilidad operacional indica el porcentaje de tiempo que un componente está en el estado indisponible o la probabilidad de encontrarlo en este estado en un futuro.

$$A_0 = [1 - \sum_{i=1}^n ttr_i / (NT)] * 100\% \quad (9)$$

### Indisponibilidad operacional anual "U<sub>0</sub>"

La indisponibilidad operacional anual muestra [las horas/año] que puede estar el componente en estado de indisponibilidad.

$$U_0 = 8760 * \sum_{i=1}^n ttr_i / (NT) \quad (10)$$

### Disponibilidad inherente "A<sub>i</sub>"

Es el porcentaje de tiempo o la probabilidad de encontrar el componente en estado no fallado en un futuro.

$$A_i = 1 - \sum_{i=1}^{n_f} ttr_i / (NT) * 100\% \quad (11)$$

### Indisponibilidad inherente anual "U<sub>i</sub>"

La indisponibilidad inherente anual, corresponde al valor esperado de horas por año en el que el componente estará en el estado fallado.

$$U_i = 8760 * \sum_{i=1}^{n_f} \frac{ttr_i}{NT} \quad (12)$$

Como se puede observar en lo anterior mencionado y más simplificado en la Tabla 2. Es necesario la nomenclatura de términos, lo cual se tiene:

**T:** Tiempo de estudio o periodo de los registros; **ttr** Tiempo de reparación.

**n:** Número total de salidas en el periodo T.

**N:** Número de componentes.

**$n_f$ :** Número de fallas en el periodo T.

**X:** Número de componentes en un grupo.

**Tabla 2.** Índices de confiabilidad

| ÍNDICE                             | DESCRIPCIÓN                                   | ECUACIÓN                                          |
|------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| TASA DE SALIDAS                    | Total de salidas                              | $\lambda_0 = n / (NT - \sum_{i=1}^n ttr_i)$       |
| TASA DE FALLAS                     | Salidas no programadas                        | $\lambda = n_f / (NT - \sum_{i=1}^n ttr_i)$       |
| TASA DE RESTAURACIÓN               | Restauraciones / año                          | $\mu_0 = 1 / MTTRS$                               |
| TASA DE REPARACIÓN                 |                                               | $\mu = 1 / r$                                     |
| TIEMPO MEDIO PARA SALIDA           | Total de salidas                              | $MTTO = 1 / \lambda_0$                            |
| TIEMPO MEDIO PARA FALLA            | Salidas no programadas                        | $MTTF = 1 / \lambda$                              |
| TIEMPO MEDIO PARA RESTAURACIÓN     | Tiempos de restauración, total de salidas     | $MTTRS = \sum_{i=1}^n ttr_i / n$                  |
| TIEMPO MEDIO PARA REPARACIÓN       | Tiempos de reparación, salidas no programadas | $MTTR = R = \sum_{i=1}^{n_f} ttr_i / n_f$         |
| DISPONIBILIDAD OPERACIONAL         | Valor porcentual, total de salidas            | $A_0 = [1 - \sum_{i=1}^n ttr_i / (NT)] * 100\%$   |
| INDISPONIBILIDAD OPERACIONAL ANUAL | Unidades de horas/año, total de salida        | $U_0 = \sum_{i=1}^n ttr_i / (NT) * 8760$          |
| DISPONIBILIDAD INHERENTE           | Valor porcentual, salidas no planeadas        | $A_i = 1 - \sum_{i=1}^{n_f} ttr_i / (NT) * 100\%$ |
| INDISPONIBILIDAD INHERENTE ANUAL   | Unidades de horas/año, total de salidas       | $U_i = \sum_{i=1}^{n_f} ttr_i / (NT) * 8760$      |

#### 2.2.1.8. Contextualización del “3T”

Se hace necesario definir lo que se maneja en la empresa como el concepto de “3T” lo cual representa a un conjunto de activos cuya característica principal es la presencia de un transformador eléctrico, se puede interpretar que cuando se habla de 3T se está haciendo referencia a un transformador y a todo su grupo de componentes de instalación como se puede observar en el anexo A. Que en términos generales se le conoce sus coordenadas geográficas reales y algún registro de datos de eventualidades que han surgido de ese 3T.

#### 2.2.1.9. Estimación de parámetros Weibull

Los datos analizados mediante el tipo de distribuciones pueden responder a diferentes características, de acuerdo con el tipo y el evento de estudio, como pueden ser: El tiempo de operación del sistema (MTBF), el tiempo de funcionamiento del equipo (MTTF), como también puede ser el tiempo que tarda en repararse un equipo después de fallar (MTTR). Recordando que todos estos tiempos de vida se pueden medir en unidades que sean de conveniencia para dicho análisis, como pueden ser horas, ciclos de fracaso, millas, ciclos de tensión o con cualquier otra medida que se puedan evaluar la vida o la exposición del ítem (O’Connor, 2002).

En el análisis de los datos de vida e ingeniería de confiabilidad se pueden estimar los valores de la probabilidad de falla, la probabilidad de éxito o la confiabilidad, la vida media o cualquier otro parámetro influyente aplicable, ya que estos son los instrumentos que permiten planear estrategias y acciones claras de mantenimiento e ingenierías de fábricas (Reliasoft, 2008).

#### Fundamentos de la distribución de “Weibull”

Teniendo presentes que los métodos que permiten realizar la estimación de los parámetros de una distribución varían entre simples sofisticados; como consecuencia de esto se tiene que algunos de los más comunes para realizar esta actividad son el método gráfico, el método de mínimos cuadrados (también conocido como método de regresión) y el método de la máxima verosimilitud MLE (Reliasoft, 2008).

Una de las ventajas que se pueden considerar más relevantes que ofrece la distribución Weibull consiste en que es muy manejable y se acomoda a las tres zonas (infancia o rodaje, madurez o vida útil y envejecimiento) de la curva de la bañera o de Davies, la distribución de Weibull tiene en su forma general tres parámetros que permite obtener mejores ajustes. Lo cual son:

- **Gamma, parámetro de posición ( $\gamma$ ):** Se considera el más difícil de estimar y por tal motivo se asume con bastante frecuencia que vale cero. Indica el lapso en el cual la probabilidad de falla es nula.

- **Eta, parámetro de escala o característica de vida útil ( $\eta$ ):** Su valor es determinante para fijar la vida útil del producto o sistema, esto significa que cuanto más alto sea los componentes bajo estudio pueden ser más “robustos” o de trabajos de mayor duración.
- **Beta, parámetro de forma ( $\beta$ ):** Refleja la dispersión de los datos y determina la forma que toma la distribución. El parámetro beta permite a la distribución de Weibull tomar diversas formas.

También se tiene que la función Weibull viene dada por  $F(t)$  lo cual establece:

$$f(t) = \frac{\beta}{n} \left(\frac{t}{n}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{n}\right)^{\beta}} \quad (13)$$

Donde se obtienen dos parámetros Beta y Eta, lo cual se procede a realizar la integral y se evalúa de 0 a  $t$ , quedando de la siguiente manera.

$$F(t) = \int_0^t f(t) dt = 1 - e^{-\left(\frac{t}{n}\right)^{\beta}} \quad (14)$$

Recordando que la función de desconfiabilidad más la función de confiabilidad es igual a 1.

$$F(t) + R(t) = 1 \quad (15)$$

Lo cual se procede a despejar  $R(t)$  y evaluándolo quedaría de la siguiente manera.

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\left(\frac{t}{n}\right)^{\beta}} \quad (16)$$

Para calcular los dos parámetros de Beta y Eta se utiliza el método de regresión por mínimos cuadrados, lo cual se linealiza la ecuación anterior aplicando logaritmo natural, quedando de la siguiente manera.

$$\ln(R(t)) = -\left(\frac{t}{n}\right)^{\beta} \quad (17)$$

Con la cancelación del negativo al logaritmo natural queda de la siguiente manera.

$$-\ln(R(t)) = \left(\frac{t}{n}\right)^{\beta} \quad (18)$$

Por propiedad de los logaritmos queda de la siguiente manera.

$$\ln\left(\frac{1}{R(t)}\right) = \left(\frac{t}{n}\right)^\beta \quad (19)$$

Se aplica doble logaritmo natural para seguir con el proceso de linealizarlo.

$$\ln\left(\ln\left(\frac{1}{R(t)}\right)\right) = \beta \ln\left(\left(\frac{t}{n}\right)^\beta\right) \quad (20)$$

Seguidamente aplicando propiedad de los logaritmos se tiene que.

$$y = \beta(\ln(t) - \ln(n)) \quad (21)$$

$$y = \beta \ln(t) - \beta \ln(n) \quad (22)$$

## 2.2.2. HERRAMIENTAS METODOLÓGICAS

Una vez formulado el problema y establecidos los objetivos, se planteó la propuesta metodológica para la ejecución de la práctica empresarial.

En este ítem se presenta el tipo de trabajo realizado, así como las técnicas y los procedimientos utilizados para responder el problema planteado.

Teniendo presente que se realiza este documento bajo la modalidad de práctica empresarial se considera lo siguiente:

### 2.2.2.1. Nivel del documento

El nivel del documento se caracteriza por el grado de alcance con que se estudia un objeto o fenómeno.

Para la ejecución del presente trabajo de grado se utilizó una metodología de tipo explicativo y descriptivo, debido a que con el establecimiento de las relaciones causa-efecto, se buscó conocer los índices de confiabilidad de los equipos objeto de estudio (Hernández et al., 2014).

### 2.2.2.2. Diseño del documento

La estrategia utilizada en el presente estudio se realizó mediante la modalidad de práctica empresarial, con algún tipo de enfoque en investigación documental, ya que se basó en la

recolección de información en todo lo referente a los índices de confiabilidad para este caso de transformadores eléctricos de distribución (Hernández et al., 2014).

### 2.2.2.3. Técnicas de recolección de datos

Las técnicas de recolección de datos, son las distintas formas o maneras que se ejecutan para obtener la información necesaria, con el fin de dar respuesta a la problemática planteada (Hernández, Fernández, Baptista, 2014).

Para el desarrollo de los objetivos las técnicas e instrumentos utilizados fueron:

- **Observación documental**

La observación documental, se fundamenta en el establecimiento de las variables empíricas y las categorías sobre las que se necesitan recoger información, todo esto con el propósito de tener relación directa con el problema (Tamayo, 2003).

En este documento, la observación documental sirvió para precisar en ciertas variables como fueron: Documentos técnicos emitidos por la empresa Centrales Eléctricas del Norte de Santander, reportes de las fallas que sucedieron en la población bajo estudio, algunos detalles y aspectos que intervienen en la vida útil de los transformadores de distribución y posteriormente los índices de confiabilidad.

- **Observación directa**

Este método se basó en la recolección de datos mediante la observación propia. En este trabajo la observación directa sirvió para reforzar la credibilidad de la recolección de la información de datos, ya que en ciertas ocasiones se pudo observar la presencia de fallas bajo la población influyente de transformadores en este estudio (Tamayo, 2003).

- **Entrevista no estructurada**

La entrevista no estructurada consiste en obtener información mediante el dialogo sin planificación alguna, es decir, se llega a interrogar a las personas que se crean oportunas para conseguir respuestas, que ayuden a generar y aclarar dimensiones sobre el problema a estudiar.

Este método se utilizó para poder entender y lograr mayor contextualización referente a algunos aspectos como pueden ser causas y consecuencias que no se pueden ver de manera directa en el momento de la falla de la población bajo estudio (Tamayo, 2003). Lo cual fue realizado al personal de técnicos operativos e ingenieros que forman parte de la empresa. Que con su desarrollo de actividades se ven relacionadas con los transformadores eléctricos de distribución.

#### 2.2.2.4. Orientación del documento

El presente trabajo de práctica empresarial se enfoca en poder dar a conocer los índices de confiabilidad estadísticos respecto a transformadores y brindar las recomendaciones técnicas que se consideren necesarias. Lo anterior con el propósito de mejorar la calidad del servicio prestado de la empresa Centrales Eléctricas del Norte de Santander en la ciudad de Ocaña.

#### 2.2.2.5. Población y muestra

La población se refiere al conjunto para el cual serán validadas las conclusiones que se obtengan. En este documento se toma como población al conjunto de transformadores eléctricos de distribución que operan en las redes eléctricas de la empresa Centrales Eléctricas del Norte de Santander regional Ocaña.

La muestra es un subconjunto representativo de un universo o población. Para este caso la muestra objeto de estudio fueron los transformadores pertenecientes al circuito alimentador con más reportes en fallo.

## CAPÍTULO III – RESULTADOS

### 3.1. ESTABLECER EL CIRCUITO ALIMENTADOR

#### 3.1.1. GENERALIDADES

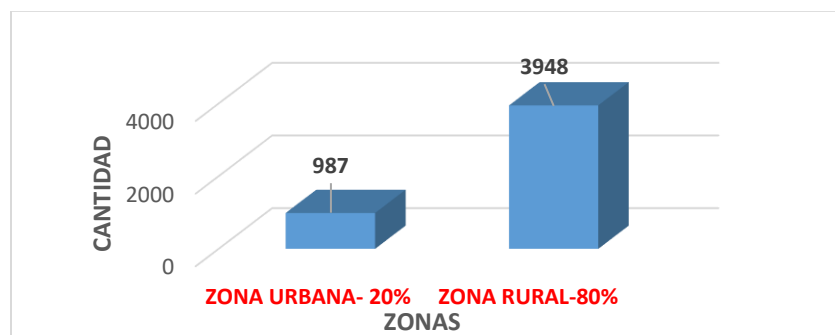
La regional de Ocaña tiene 4.935 transformadores instalados distribuidos en los 13 circuitos alimentadores como se puede observar en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Transformadores de la regional de Ocaña

| CIRCUITO ALIMENTADOR | CANTIDAD     | %              |
|----------------------|--------------|----------------|
| ABRC1                | 437          | 8,86%          |
| ABRC2                | 281          | 5,69%          |
| CONSAL_CARMEN        | 570          | 11,55%         |
| CONAL_CONVE          | 446          | 9,04%          |
| CONSAL-SANPABLO      | 216          | 4,38%          |
| CONSAL_TEORA         | 653          | 13,23%         |
| OCA_GONZALES         | 499          | 10,11%         |
| OCA_PLAYA            | 706          | 14,31%         |
| OCA_OCAÑA1           | 267          | 5,41%          |
| OCA_OCANA2           | 189          | 3,83%          |
| OCA_OCANA3           | 301          | 6,10%          |
| TARC1                | 311          | 6,30%          |
| TARC2                | 59           | 1,20%          |
| <b>TOTAL</b>         | <b>4.935</b> | <b>100,00%</b> |

De esos 4.935 transformadores instalados están distribuidos en la zona rural 3.948 y en la zona urbana 987 transformadores; Como se puede observar en la Figura 8.

**Figura 8.** Cantidad de transformadores según zona



Tomado de: Autor

### 3.1.2. SELECCIÓN DEL CIRCUITO ALIMENTADOR

Posteriormente se procede a clasificar la información recolectada teniendo en cuenta la cantidad de transformadores fallados, año de fallados y circuito alimentador al que pertenecen. Como se puede observar en las siguientes tablas 4, 5, 6, 7 y 8.

**Tabla 4.** Transformadores fallados en el año 2018

| CIRCUITO ALIMENTADOR  | TRANSFORMADORES EN FALLO | %              |
|-----------------------|--------------------------|----------------|
| OCAOCANA2             | 2                        | 0,71%          |
| OCAOCANA3             | 6                        | 2,13%          |
| TARC2                 | 6                        | 2,13%          |
| OCAOCANA1             | 10                       | 3,55%          |
| ABRC2                 | 12                       | 4,26%          |
| CONSAL_CONVE          | 14                       | 4,96%          |
| ABRC1                 | 22                       | 7,80%          |
| OCAGONZALES           | 28                       | 9,93%          |
| CONSAL_CARMEN         | 31                       | 10,99%         |
| CONSAL_SANPABLO       | 33                       | 11,70%         |
| OALA_PLAYA            | 33                       | 11,70%         |
| TARC1                 | 37                       | 13,12%         |
| CONSAL_TEORA          | 48                       | 17,02%         |
| <b>TOTAL EN FALLO</b> | <b>282</b>               | <b>100,00%</b> |

En la Tabla 4 se observa el registro de transformadores fallados en el año 2018, como resultado se obtuvo al circuito CONSAL\_TEORA con un valor del 17.02 % de transformadores fallados que representa la mayor cantidad, el circuito alimentador OCAOCANA2 tiene un valor de 0.71 % lo que

representa que es el de menor cantidad, para una cantidad total de 282 transformadores fallados entre todos los circuitos alimentadores.

**Tabla 5.** Transformadores fallados en el año 2019

| CIRCUITO ALIMENTADOR  | TRANSFORMADORES EN FALLO | %              |
|-----------------------|--------------------------|----------------|
| OCAOCANA2             | 2                        | 0,75%          |
| TARC2                 | 6                        | 2,24%          |
| OCAOCANA3             | 7                        | 2,61%          |
| OCAOCANA1             | 8                        | 2,99%          |
| OCAGONZALES           | 17                       | 6,34%          |
| CONSAL_CONVE          | 18                       | 6,72%          |
| ABRC1                 | 19                       | 7,09%          |
| ABRC2                 | 19                       | 7,09%          |
| TARC1                 | 32                       | 11,94%         |
| CONSAL_TEORA          | 33                       | 12,31%         |
| CONSAL_SANPABLO       | 34                       | 12,69%         |
| OCALE_PLAYA           | 36                       | 13,43%         |
| CONSAL_CARMEN         | 37                       | 13,81%         |
| <b>TOTAL EN FALLO</b> | <b>268</b>               | <b>100,00%</b> |

En la Tabla 5 se observa el registro de transformadores fallados en el año 2019, como resultado se obtiene al circuito CONSAL\_CARMEN con un valor del 13.81 % de transformadores fallados que representa la mayor cantidad, el circuito alimentador OCAOCANA2 tiene un valor de 0.75 % lo que representa que es el de menor cantidad, para una cantidad total de 268 transformadores fallados entre todos los circuitos alimentadores.

**Tabla 6.** Transformadores fallados en el año 2020

| CIRCUITO ALIMENTADOR  | TRANSFORMADORES EN FALLO | %              |
|-----------------------|--------------------------|----------------|
| OCAOCANA2             | 4                        | 1,24%          |
| OCAOCANA3             | 4                        | 1,24%          |
| TARC2                 | 8                        | 2,48%          |
| OCAOCANA1             | 9                        | 2,79%          |
| ABRC2                 | 17                       | 5,26%          |
| CONSAL_CONVE          | 19                       | 5,88%          |
| ABRC1                 | 20                       | 6,19%          |
| CONSAL_SANPABLO       | 25                       | 7,74%          |
| OCAGONZALES           | 27                       | 8,36%          |
| TARC1                 | 33                       | 10,22%         |
| CONSAL_CARMEN         | 42                       | 13,00%         |
| OCALE_PLAYA           | 46                       | 14,24%         |
| CONSAL_TEORA          | 69                       | 21,36%         |
| <b>TOTAL EN FALLO</b> | <b>323</b>               | <b>100,00%</b> |

En la Tabla 6 se observa el registro de transformadores fallados en el año 2020, como resultado se obtuvo al circuito CONSAL\_TEORA con un valor del 21.36 % de transformadores fallados que representa la mayor cantidad, el circuito alimentador OCAOCANA2 tiene un valor de 1.24 % lo que representa que es el de menor cantidad, para una cantidad total de 323 transformadores fallados entre todos los circuitos alimentadores.

**Tabla 7.** Transformadores fallados en el año 2021

| CIRCUITO ALIMENTADOR  | TRANSFORMADORES EN FALLO | %              |
|-----------------------|--------------------------|----------------|
| OCAOCANA2             | 2                        | 0,75%          |
| OCAOCANA3             | 5                        | 1,87%          |
| TARC2                 | 7                        | 2,61%          |
| OCAOCANA1             | 8                        | 2,99%          |
| ABRC1                 | 17                       | 6,34%          |
| ABRC2                 | 19                       | 7,09%          |
| OCAGONZALES           | 22                       | 8,21%          |
| CONSAL_CONVE          | 24                       | 8,96%          |
| OCALE_PLAYA           | 25                       | 9,33%          |
| TARC1                 | 28                       | 10,45%         |
| CONSAL_CARMEN         | 30                       | 11,19%         |
| CONSAL_SANPABLO       | 33                       | 12,31%         |
| CONSAL_TEORA          | 48                       | 17,91%         |
| <b>TOTAL EN FALLO</b> | <b>268</b>               | <b>100,00%</b> |

En la Tabla 7 se observa el registro de transformadores fallados en el año 2021, como resultado se obtiene al circuito CONSAL\_TEORA con un valor del 17.91 % de transformadores fallados que representa la mayor cantidad, el circuito alimentador OCAOCANA2 tiene un valor de 0.75 % lo que representa que es el de menor cantidad, para una cantidad total de 268 transformadores fallados entre todos los circuitos alimentadores.

**Tabla 8.** Transformadores fallados en el año 2022

| CIRCUITO ALIMENTADOR  | TRANSFORMADORES EN FALLO | %              |
|-----------------------|--------------------------|----------------|
| OCAOCANA1             | 2                        | 0,95%          |
| OCAOCANA3             | 5                        | 2,37%          |
| ABRC1                 | 7                        | 3,32%          |
| OCAOCANA2             | 7                        | 3,32%          |
| TARC2                 | 10                       | 4,74%          |
| OCAGONZALES           | 13                       | 6,16%          |
| ABRC2                 | 14                       | 6,64%          |
| CONSAL_CONVE          | 16                       | 7,58%          |
| CONSAL_CARMEN         | 20                       | 9,48%          |
| CONSAL_SANPABLO       | 21                       | 9,95%          |
| OCALA_PLAYA           | 25                       | 11,85%         |
| CONSAL_TEORA          | 32                       | 15,17%         |
| TARC1                 | 39                       | 18,48%         |
| <b>TOTAL EN FALLO</b> | <b>211</b>               | <b>100,00%</b> |

En la Tabla 8 se observa el registro de transformadores fallados en el año 2022, como resultado se obtiene al circuito TARC1 con un valor del 18.48 % de transformadores fallados que representa la mayor cantidad, el circuito alimentador OCAOCANA1 tiene un valor de 0.95 % lo que representa que es el de menor cantidad, para una cantidad total de 211 transformadores fallados entre todos los circuitos alimentadores. (Datos tomados hasta el mes de septiembre del mismo año)

Como un resultado del proceso anterior se obtiene el dato de 1352 transformadores que se han fallado durante el periodo de tiempo estudiado. Como lo podemos observar en la Tabla 9

**Tabla 9.** Global de transformadores fallados

| AÑO          | CANTIDAD    | %              |
|--------------|-------------|----------------|
| 2018         | 282         | 20,86%         |
| 2019         | 268         | 19,82%         |
| 2020         | 323         | 23,89%         |
| 2021         | 268         | 19,82%         |
| 2022         | 211         | 15,61%         |
| <b>TOTAL</b> | <b>1352</b> | <b>100,00%</b> |

Haciendo la sumatoria de cantidad de transformadores fallados en cada circuito, durante el lapso de tiempo estudiado se obtiene el resultado de que el circuito alimentador con mayor cantidad de transformadores fallados es el circuito que tiene por nombre CONSAL\_TEORA con una cantidad total de 230 transformadores fallados correspondientes en el lapso de tiempo bajo estudio. Como se puede observar en la Tabla 10 y anexos B,C y D.

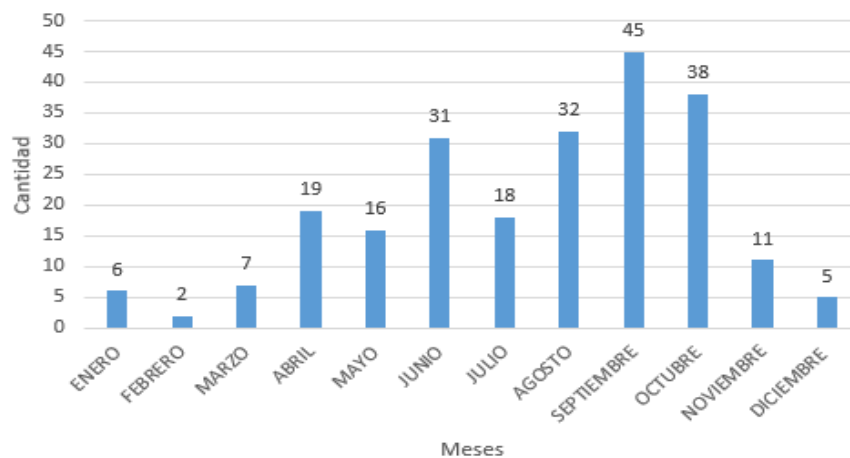
**Tabla 10.** Total de transformadores fallados por circuito alimentador

| GLOBAL POR CIRCUITOS | CANTIDAD    | %              |
|----------------------|-------------|----------------|
| CONSAL_TEORA         | 230         | 17,01%         |
| TARC1                | 169         | 12,50%         |
| OCALA_PLAYA          | 165         | 12,20%         |
| CONSAL_CARMEN        | 160         | 11,83%         |
| CONSAL_SANPABLO      | 146         | 10,80%         |
| OCAGONZALES          | 107         | 7,91%          |
| CONSAL_CONVE         | 91          | 6,73%          |
| ABRC1                | 85          | 6,29%          |
| ABRC2                | 81          | 5,99%          |
| OCAOCANA1            | 37          | 2,74%          |
| TARC2                | 37          | 2,74%          |
| OCAOCANA3            | 27          | 2,00%          |
| OCAOCANA2            | 17          | 1,26%          |
| <b>TOTAL</b>         | <b>1352</b> | <b>100.00%</b> |

### 3.1.3. TRANSFORMADORES FALLADOS POR MESES

Una vez establecido el circuito alimentador CONSAL\_TEORA, se procede hacer el análisis por meses de aquellos 230 transformadores que se han registrado en fallo en el lapso de tiempo comprendido, quedando de la siguiente manera. Como lo podemos observar en la Figura 9 y el anexo J.

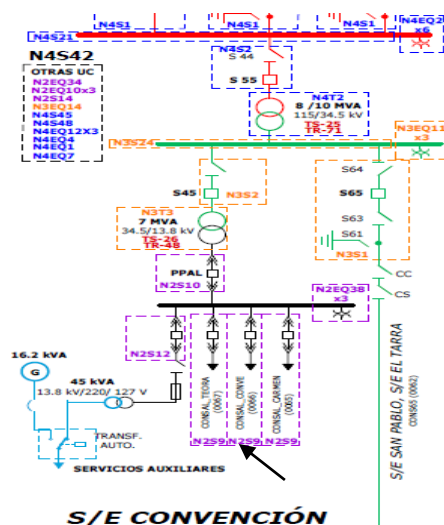
**Figura 9.** Total de transformadores fallados por meses



Tomado de: Autor

### 3.1.4. CARACTERIZACIÓN DEL CIRCUITO

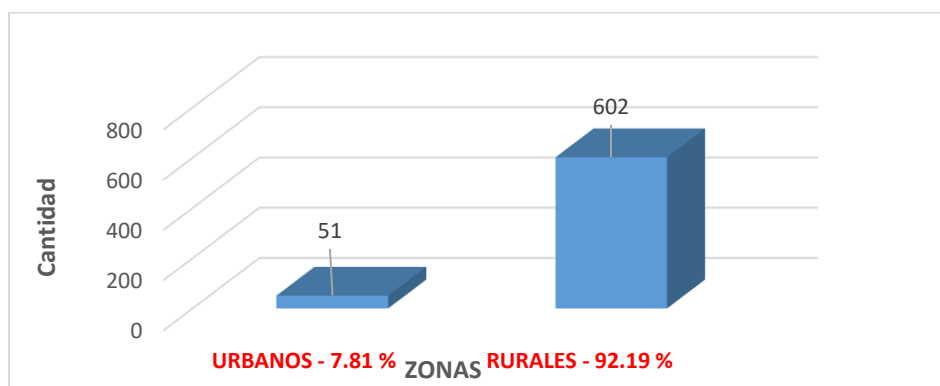
**Figura 10.** Diagrama unifilar subestación convención

**Tabla 11.** Transformadores por municipio

| MUNICIPIO   | CANTIDAD |
|-------------|----------|
| HACARI      | 228      |
| TERORAMA    | 213      |
| SAN CALIXTO | 203      |
| LA PLAYA    | 5        |
| CONVENCIÓN  | 4        |
| TOTAL       | 653      |

Tiene 653 transformadores instalados, de los cuales por sus características territoriales de los municipios hacen que el gran porcentaje se encuentren instalados en zona rural, como lo podemos observar en la Figura 11 y anexo E.

**Figura 11.** Zonas de instalación de los transformadores



Tomado de: Autor

### 3.1.5. RESULTADO DE LA SELECCIÓN DE LOS 3T

Una vez establecido el circuito alimentador (CONSAL\_TEORA) y la cantidad de transformadores en fallo pertenecientes a ese circuito (230), se procede a realizar el estudio de los 3T.

Como resultado obtenemos que dicha cantidad de transformadores reportados en fallo se distribuyen en 172 "3T" que en términos prácticos significa que existen varios 3T que han repetido fallo de transformadores en el tiempo bajo estudio.

A continuación, se listan los códigos de los 3T que presentan más de 2 registros de transformadores fallados en el tiempo estudiado. Se recomienda ver los anexos F, G, K y L.

- 3T01122
- 3T02027
- 3T02231
- 3T02277
- 3T02403
- 3T02491
- 3T02507
- 3T02852
- 3T02995
- 3T03067

### 3.1.6. CLASIFICACIÓN DE EVENTOS EN INTERRUPCIONES

Seguidamente se procede a clasificar los eventos de salida que influyeron en el grupo de 3T (172 “3T”) por porcentaje de los cuales se registran la cantidad total de 965 eventos de salida, quedando de la siguiente manera. Como se puede apreciar en las Tablas 12, 13 y anexos H e I.

**Tabla 12.** Clasificación de participación por porcentajes según eventos no programadas

| EVENTOS DE INTERRUPCIONES (SALIDAS)                        | CANTIDAD   | %TOTAL        | % CATEGORIA   |
|------------------------------------------------------------|------------|---------------|---------------|
| <b>NO PROGRAMADAS</b>                                      | <b>945</b> | <b>97,93%</b> | <b>100%</b>   |
| <b>EXTERNAS</b>                                            | <b>387</b> | <b>40,10%</b> | <b>40,95%</b> |
| FALLA POSTE Y/O ESTRUCTURA                                 | 4          | 0,41%         | 0,42%         |
| OBJETOS EXTRAÑOS O ANIMALES SOBRE LA RED                   | 9          | 0,93%         | 0,95%         |
| LÍNEAS DESTENCIONADAS                                      | 7          | 0,73%         | 0,74%         |
| RAMAS SOBRE LA RED                                         | 19         | 1,97%         | 2,01%         |
| APERTURA DEL TRANSFORMADOR POR FALLA EN CAJA DE ACOMETIDAS | 1          | 0,10%         | 0,11%         |
| DESCARGAS ATMOSFÉRICAS                                     | 311        | 32,23%        | 32,91%        |
| OTRAS                                                      | 36         | 3,73%         | 3,81%         |
| <b>PROPIAS</b>                                             | <b>558</b> | <b>57,82%</b> | <b>59,05%</b> |
| LÍNEA ROTA                                                 | 14         | 1,45%         | 1,48%         |
| PUENTES DE CONEXIÓN ROTOS O FLOJOS                         | 15         | 1,55%         | 1,59%         |
| FALLAS FUSIBLES POR CAUSA DESCONOCIDA                      | 278        | 28,81%        | 29,42%        |
| FALLA DE BUJE/ DPS /CORTA CIRCUITO                         | 11         | 1,14%         | 1,16%         |
| TRANSFORMADOR FALLADO                                      | 230        | 23,83%        | 24,34%        |
| OTRAS                                                      | 10         | 1,04%         | 1,06%         |

Seguidamente se clasifican los eventos de interrupciones programadas, cuyos resultados se muestran en la Tabla 13.

**Tabla 13.** Clasificación de participación por porcentajes según eventos programadas

| EVENTOS DE INTERRUPCIONES (SALIDAS)          | CANTIDAD  | %TOTAL       | % CATEGORIA |
|----------------------------------------------|-----------|--------------|-------------|
| <b>PROGRAMADAS</b>                           | <b>20</b> | <b>2,07%</b> | <b>100%</b> |
| MANTENIMIENTO GENERAL DEL CIRCUITO           | 2         | 0,21%        | 10,00%      |
| PROYECTOS DE EXPANSIÓN Y REPOSICIÓN          | 2         | 0,21%        | 10,00%      |
| TOMA DE MUESTRA DE ACEITE PARA EXAMINAR PCBS | 16        | 1,66%        | 80,00%      |

Posteriormente se realizó la clasificación de los eventos de salida respecto a la cantidad de horas de indisponible. Quedando de la siguiente manera como se puede apreciar en las Tablas 14 y 15.

**Tabla 14.** Clasificación de participación por horas según eventos no programadas

| EVENTOS DE INTERRUPCIONES (SALIDAS)                        | HORAS            | %TOTAL         | % CATEGORIA      |
|------------------------------------------------------------|------------------|----------------|------------------|
| <b>NO PROGRAMADAS</b>                                      | <b>55865,090</b> | <b>99,959%</b> | <b>100,000 %</b> |
| <b>EXTERNAS</b>                                            | <b>10140,170</b> | <b>18,144%</b> | <b>18,151%</b>   |
| FALLA POSTE Y/O ESTRUCTURA                                 | 56,070           | 0,100%         | 0,100%           |
| OBJETOS EXTRAÑOS O ANIMALES SOBRE LA RED                   | 19,240           | 0,034%         | 0,034%           |
| LÍNEAS DESTENCIONADAS                                      | 99,200           | 0,177%         | 0,178%           |
| RAMAS SOBRE LA RED                                         | 94,900           | 0,170%         | 0,170%           |
| APERTURA DEL TRANSFORMADOR POR FALLA EN CAJA DE ACOMETIDAS | 3,390            | 0,006%         | 0,006%           |
| DESCARGAS ATMOSFÉRICAS                                     | 8738,370         | 15,6355        | 15,642%          |
| OTRAS                                                      | 1129,000         | 2,020%         | 2,021%           |
| <b>PROPIAS</b>                                             | <b>45724,920</b> | <b>81,815%</b> | <b>81,849%</b>   |
| LÍNEA ROTA                                                 | 315,180          | 0,564%         | 0,564%           |
| PUENTES DE CONEXIÓN ROTOS O FLOJOS                         | 6,030            | 0,011%         | 0,011%           |
| FALLAS FUSIBLES POR CAUSA DESCONOCIDA                      | 8041,330         | 14,388%        | 14,394%          |
| FALLA DE BUJE/ DPS /CORTA CIRCUITO                         | 182,580          | 0,327%         | 0,327%           |
| TRANSFORMADOR FALLADO                                      | 36759,450        | 65,773%        | 65,800%          |
| OTRAS                                                      | 420,350          | 0,752%         | 0,752%           |

Se procede a realizar la clasificación por horas, respecto a los eventos de interrupciones programadas.

**Tabla 15.** Clasificación de participación por horas según eventos no programadas

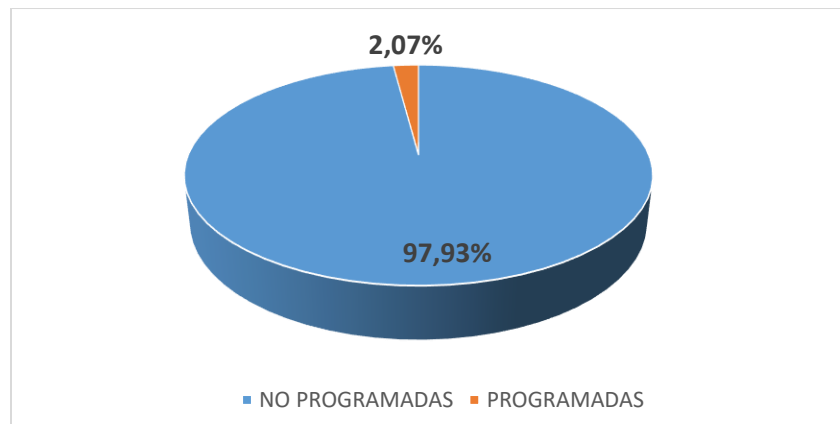
| EVENTOS DE INTERRUPCIONES (SALIDAS)          | HORAS         | %TOTAL        | % CATEGORIA |
|----------------------------------------------|---------------|---------------|-------------|
| <b>PROGRAMADAS</b>                           | <b>23,180</b> | <b>0,041%</b> | <b>100%</b> |
| MANTENIMIENTO GENERAL DEL CIRCUITO           | 7,230         | 0,013%        | 31,191%     |
| PROYECTOS DE EXPANSIÓN Y REPOSICIÓN          | 10,800        | 0,019%        | 46,592%     |
| TOMA DE MUESTRA DE ACEITE PARA EXAMINAR PCBS | 5,150         | 0,009%        | 22,217      |

Como resultado de la clasificación de interrupciones se obtuvo: Por cantidad de participación y horas de indisponibilidad.

**Cantidad de participación:**

- El escenario con mayor índice de participación en los eventos de salida de los transformadores eléctricos bajo estudio es “Descargas Atmosféricas”, con una cantidad de 311 registros lo que equivale al 32,23% del total de todos los eventos de interrupciones.
- Las salidas “no programadas” son las más influyente en los transformadores eléctricos de distribución bajo estudio, con una cantidad de 945 registros lo que equivale al 97,93% del total de todas las salidas de interrupciones.

**Figura 12.** Cantidad de salidas en diagrama circular de porcentaje

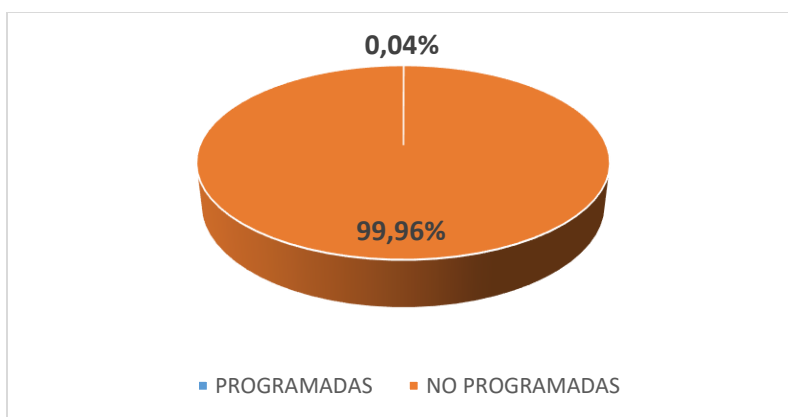


Tomado de: Autor

#### Cantidad de horas:

- El escenario de eventos de interrupciones de tipo “propias” son el de mayor cantidad con 45.724,920 horas de indisponibilidad lo que equivale al 81,815% del total de todas las horas que me afectan a los transformadores bajo estudio del circuito CONSAL\_TEORA.
- El evento de interrupción que más representa horas de indisponibilidad de los transformadores de distribución bajo estudio en la categoría propias es “transformador fallado” con 36.759,450 horas que equivalen a un 65,773% del total de horas de indisponibilidad.
- Las salidas “no programadas” me representan el 99,959 % de horas de indisponibilidad.

**Figura 13.** Porcentaje de horas indisponibles



#### 3.1.7. ÍNDICES DE CONFIABILIDAD

Para la primera obtención de índices de confiabilidad se realizó tomando los datos de los 3T que han reportado fallo, como lo es la cantidad de los 172 que vendría siendo N, con un valor para n de 965 que fueron las salidas en dicho periodo de tiempo y T con un valor de 57 meses. Lo cual dichos resultados se pueden observar en la tabla 16 y anexo N.

**Tabla 16.** Índices de confiabilidad 172 "3T"

| ÍNDICE                             | ECUACION                                          | UNIDAD             | VALOR       |
|------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------|-------------|
| TASA DE SALIDAS                    | $\lambda_0 = n / (NT - \sum_{i=1}^n ttr_i)$       | Salidas/año        | 1,17407541  |
| TASA DE FALLAS                     | $\lambda = n_f / (NT - \sum_{i=1}^n ttr_i)$       | Fallas/año         | 1,14609721  |
| TIEMPO MEDIO PARA SALIDA           | $MTTO = 1 / \lambda_0$                            | Año/salida         | 0,85173405  |
| TIEMPO MEDIO PARA FALLA            | $MTTF = 1 / \lambda$                              | Año/falla          | 0,87252634  |
| TIEMPO MEDIO PARA RESTAURACIÓN     | $MTTRS = \sum_{i=1}^n ttr_i / n$                  | Horas/restauración | 96,69476626 |
| TIEMPO MEDIO PARA REPARACIÓN       | $MTTR = R = \sum_{i=1}^{n_f} ttr_i / n_f$         | Horas/reparación   | 99,4152603  |
| TASA DE RESTAURACIÓN               | $\mu_0 = 1 / MTTRS$                               | Restauraciones/año | 589,594348  |
| TASA DE REPARACIÓN                 | $\mu = 1 / r$                                     | Reparaciones/año   | 149,900535  |
| DISPONIBILIDAD OPERACIONAL         | $A_0 = [1 - \sum_{i=1}^n ttr_i / (NT)] * 100\%$   | %                  | 99,2277771  |
| INDISPONIBILIDAD OPERACIONAL ANUAL | $U_0 = \sum_{i=1}^n ttr_i / (NT) * 8760$          | Horas/año          | 67,6467287  |
| DISPONIBILIDAD INHERENTE           | $A_i = 1 - \sum_{i=1}^{n_f} ttr_i / (NT) * 100\%$ | %                  | 99,2308093  |
| INDISPONIBILIDAD INHERENTE ANUAL   | $U_i = \sum_{i=1}^{n_f} ttr_i / (NT) * 8760$      | Horas/año          | 67,3811078  |

Se plantea en la Tabla 17 la segunda obtención de índices de confiabilidad tomando los datos de todos los 3T pertenecientes a dicho circuito alimentador, como lo es la cantidad de 653, 3T.

**Tabla 17.** Índices de confiabilidad de los 653 "3T"

| ÍNDICE                             | ECUACION                                          | UNIDAD             | VALOR      |
|------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------|------------|
| TASA DE SALIDAS                    | $\lambda_0 = n / (NT - \sum_{i=1}^n ttr_i)$       | Salidas/año        | 0,84274171 |
| TASA DE FALLAS                     | $\lambda = n_f / (NT - \sum_{i=1}^n ttr_i)$       | Fallas/año         | 0,78799814 |
| TIEMPO MEDIO PARA SALIDA           | $MTTO = 1 / \lambda_0$                            | Año/salida         | 1,18660319 |
| TIEMPO MEDIO PARA FALLA            | $MTTF = 1 / \lambda$                              | Año/falla          | 1,26903853 |
| TIEMPO MEDIO PARA RESTAURACIÓN     | $MTTRS = \sum_{i=1}^n ttr_i / n$                  | Horas/restauración | 35,1267066 |
| TIEMPO MEDIO PARA REPARACIÓN       | $MTTR = R = \sum_{i=1}^{n_f} ttr_i / n_f$         | Horas/reparación   | 36,2719002 |
| TASA DE RESTAURACIÓN               | $\mu_0 = 1 / MTTRS$                               | Restauraciones/año | 2364,80658 |
| TASA DE REPARACIÓN                 | $\mu = 1 / r$                                     | Reparaciones/año   | 386,075497 |
| DISPONIBILIDAD OPERACIONAL         | $A_0 = [1 - \sum_{i=1}^n ttr_i / (NT)] * 100\%$   | %                  | 99,8477478 |
| INDISPONIBILIDAD OPERACIONAL ANUAL | $U_0 = \sum_{i=1}^n ttr_i / (NT) * 8760$          | Horas/año          | 26,7522998 |
| DISPONIBILIDAD INHERENTE           | $A_i = 1 - \sum_{i=1}^{n_f} ttr_i / (NT) * 100\%$ | %                  | 99,8511486 |
| INDISPONIBILIDAD INHERENTE ANUAL   | $U_i = \sum_{i=1}^{n_f} ttr_i / (NT) * 8760$      | Horas/año          | 26,4543904 |

- Como resultado se obtiene que la tasa de salidas  $\lambda_0$  del primer planteamiento tiene un valor de 1,17407541 respecto a su similar del segundo planteamiento lo cual tiene un valor de 0,84274171. Esto resulta que el primer planteamiento si bien es cierto que es menor en cantidad de 3T evaluados, ellos presentan unos registros de salidas con más cantidad, que como consecuencia les permite tener una mayor tasa de salidas.
- La cantidad de restauraciones que se pueden llegar a realizar para el primer planteamiento de los 172 "3T" por año es de 589,59 con un tiempo medio para restauración de 96,69 horas.

- La cantidad de reparaciones que se pueden llegar a realizar por año para el primer planteamiento es de 149,90 debido a que tiene un tiempo medio de reparación 99,41.
- La cantidad de horas que se pueden llegar a tener de indisponibilidad operacional referente al primer planteamiento es de 67,64 horas año.
- Para el segundo planteamiento la cantidad de horas en el que los componentes estarán en estado de fallado es de 26,45 horas a diferencia del primer planteamiento.
- El valor de la tasa de falla del primer planteamiento es de 1,14 fallas año; Respectivamente el valor del segundo planteamiento es de 0,78 fallas año. Esto se puede explicar de manera que el primer planteamiento se toma encuentra solo los 172 “3T” que han reportado transformadores fallados, mientras que en el segundo planteamiento se encuentran los 653 “3T” existentes en dicho circuito y como consecuencia de ello hay 3T que no reportan fallas durante el periodo de tiempo bajo estudio.

### 3.1.9. PARÁMETROS WEIBULL

Para la estimación de los parámetros Weibull de  $\beta$  (Beta) y  $\eta$  (Eta), inicialmente se tienen la cantidad de 490 MTBF (promedio de los TBF individuales) pertenecientes a los 3T bajo estudio. Dando como resultado los siguientes valores.

**Tabla 18.** Parámetros Weibull

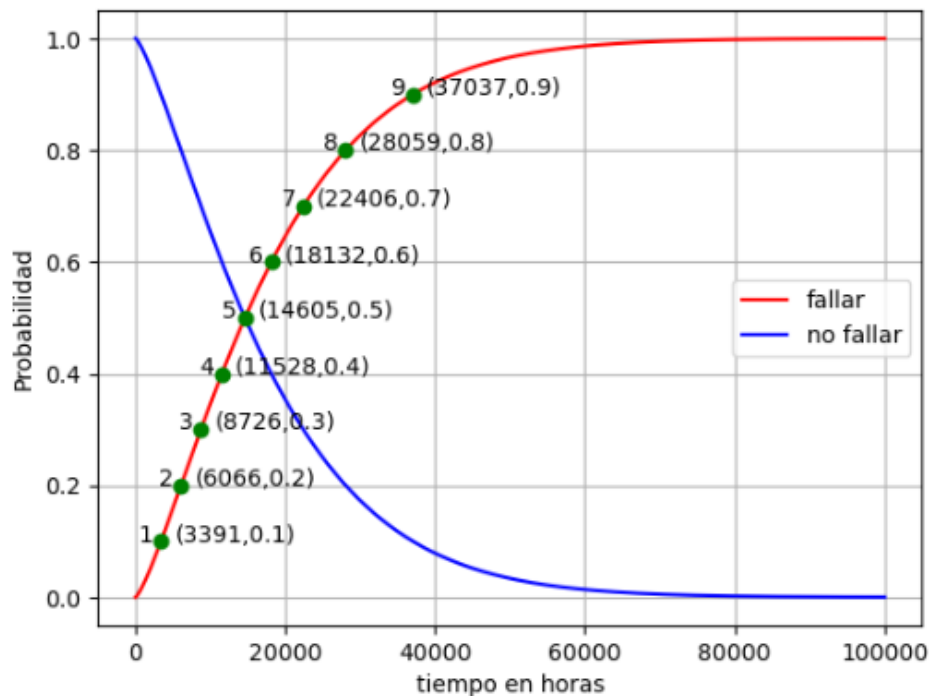
| PARÁMETRO                   | FORMULA                                                                            | VALOR PROMEDIO ( $\bar{x}$ ) | VALOR SUMATORIA ( $\Sigma$ ) |
|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Rango de mediana de Bernard | $RM = \frac{n - 0.3}{N + 0.4}$                                                     | 0,5                          | 245                          |
| $\frac{1}{R(t)}$            | $\left( \frac{1}{1 - RM} \right)$                                                  | 7,42089012651416             | 3636,23616199194             |
| Y                           | $\ln(\ln(\frac{1}{1 - RM}))$                                                       | -0,574738710050918           | -281,62196792495             |
| X                           | $\ln(MTBF)$                                                                        | 9,4277193328592              | 4619,58247310101             |
| X*Y                         |                                                                                    | -4,24929613547433            | -2082,15510638242            |
| X^2                         |                                                                                    | 89,7881551244103             | 43996,196010961              |
| PARÁMETRO                   |                                                                                    | VALOR                        | -----                        |
| B (Beta)                    | $m = \frac{\sum x * y - \frac{\sum x \sum y}{N}}{\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}}$ | 1.2901097350531705           |                              |
| n (Eta)                     | $\eta = e^{\frac{b}{\beta}}$                                                       | 19403.627654838485           |                              |

**Nota:** Dichos parámetros se calcularon mediante el código que podemos observar en el anexo O.

De acuerdo con Díaz (1992) “cuando  $\beta$  es inferior a 1 se le denomina a esta fase como de mortalidad infantil (tasa de falla decreciente); cuando toma valores cercanos a 1 se describe la fase con el nombre de vida útil (tasa de falla constante y aleatoria), y cuando  $\beta$  toma valores mayores de 1, se conoce como la fase de “envejecimiento” o de desgaste (tasa de falla creciente)”. Con este resultado de  $\beta$  con valor de 1.2901097350531705 establecemos que nuestros transformadores bajo estudio están en la fase de desgaste, lo que significa que tienen una tasa de fallas “creciente”.

Seguidamente con las líneas de código mostradas a continuación en el anexo P, se establecen unos planteamientos para estimar la probabilidad de falla respecto a las horas de funcionamiento, quedando de la siguiente manera como podemos observar en la figura 14.

**Figura 14.** Probabilidad vs tiempo



Nota: Cada punto representa cada rango de probabilidad de que falle.

De la imagen anterior podemos notar que a mayor tiempo en funcionamiento es mayor la probabilidad de que se encuentre un fallo. Teniendo como resultado los valores observados en la Tabla 19.

**Tabla 19.** Probabilidad de falla vs tiempo

| PUNTO | PROBABILIDAD % | TIEMPO (HORAS) |
|-------|----------------|----------------|
| 1     | 10             | 3.391          |
| 2     | 20             | 6.066          |
| 3     | 30             | 8.726          |
| 4     | 40             | 11.528         |
| 5     | 50             | 14.605         |
| 6     | 60             | 18.132         |
| 7     | 70             | 22.406         |
| 8     | 80             | 28.059         |
| 9     | 90             | 37.037         |

Nota: En la Tabla 19 tenemos los resultados por cada punto con probabilidad y tiempo, que en términos prácticos significa que para el punto 3 tiene una probabilidad de que falle del 30% y han transcurrido 8726 horas desde que inicia su funcionamiento.

### 3.2. ANÁLISIS DE IMPACTOS DE LA PRÁCTICA

En el presente documento se llegan a tener algunos impactos producidos por la realización del mismo, lo cual pueden ser:

#### 3.2.1. IMPACTO SOCIAL

El impacto social de un proyecto establece que es una magnitud cualitativa y cuantitativa de los cambios que un proyecto efectúa en la sociedad. Esto significa poder conocer y analizar las modificaciones en el entorno en el que este proyecto tuvo lugar. El impacto puede ser directamente sobre las personas y la sociedad, como también sobre el entorno en general donde las mismas desarrollan su vida.

Se considera que este documento llega a tener un impacto social. Ya que, al dar respuesta a los objetivos planteados, estos se verán relacionados con buscar a mejorar la confiabilidad del servicio de energía eléctrica. Debido a esto la sociedad que está bajo percepción del servicio se verá impactada de manera positiva, ayudando a que puedan tener un servicio de calidad, teniendo presente el sano consumo y disfrute del mismo. Siendo los principales beneficiados los usuarios (clientes) de la empresa Centrales Eléctricas del Norte de Santander S.A E.S.P para este caso de la regional de Ocaña.

### 3.2.2. IMPACTO ECONÓMICO

Se refiere al efecto que una medida, una acción o un anuncio generan en la economía. Lo cual cuando algo tiene impacto económico, llega a provocar consecuencias en la situación económica de una persona, comunidad, empresas, entre otras.

El presente documento llega a tener un impacto económico. Ya que, al dar respuesta a los objetivos planteados se podrán tomar acciones para mejorar la confiabilidad del servicio de energía eléctrica. Lo cual se verá reflejado de cierta manera en la economía de nuestros usuarios, al estar percibiendo un mejor servicio podrán desarrollar actividades que ayuden al fortalecimiento de la economía. Como la ejecución o puesta en funcionamiento de algún tipo de empresa sin importar el tamaño de la misma, que sea dependiente de dicho servicio.

Posteriormente también se considera que llega a tener algún tipo de impacto económico, ya que, mediante la prestación de un servicio con los criterios de índices de confiabilidad positivos, los usuarios afectados por algún defecto de anomalías de parte del mismo como pueden ser daños de electrodomésticos por sobre tensiones o similares, daños causados a la propiedad privada, entre otros. Podrían reducirse de manera considerable.

También se considera que tiene un impacto económico influyente en la empresa, ya que, mediante dicho documento se pueden plantear y establecer medidas internas que ayuden a promover el buen funcionamiento y gestión de activos de la misma, en especial de aquellos activos que más se ven afectados y son representativos económicamente para su remplazo por parte de la empresa. Esto con el fin de poder disminuir algún tipo de gasto de presupuesto. Seguidamente con dichas medidas se pueden disminuir el margen de ser sancionados o penalizados económicamente por incumplir acuerdos o condiciones como prestadores del servicio, por parte de las entidades regulatorias encargadas.

### 3.2.3. IMPACTO EMPRESARIAL

El análisis de impacto empresarial es un proceso que se utiliza para determinar y evaluar los efectos potenciales que se tendrían mediante la interrupción de las operaciones de una empresa o la creación y puesta en funcionamiento de la misma. Lo cual un análisis de impacto empresarial es un elemento clave para el plan de continuidad y posicionamiento de una empresa.

Este tipo de impacto se ven reflejados todas las acciones que conllevan a reacciones influyentes en la empresa. Debido a esto con la buena interpretación de este documento, la empresa podría buscar alternativas que la conlleven a un mejor posicionamiento en el ámbito empresarial, lo que significaría una muy buena mejora ya que tendría una mayor credibilidad organizacional, aumentarían los números de clientes y se podrían establecer como una de las mejores empresas

prestadoras del servicio de energía eléctrica en el país.

## CAPÍTULO IV – RECOMENDACIONES

Después de poder haber experimentado la etapa de “pasante universitario” en la empresa Centrales Eléctricas del Norte de Santander regional de Ocaña, se hace necesario dar algún tipo de recomendaciones de manera respetuosa y positiva, que ayuden con el crecimiento de nuestra facultad de ingenierías y arquitectura en especial como es el caso del programa de Ingeniería Eléctrica.

### 4.1. PARA EL PROGRAMA

- Organizar de manera más frecuente la realización de salidas a “campo” en empresas pertenecientes al sector eléctrico. Esto con el fin que se pueda visualizar más precisamente lo que sería en un futuro nuestro medio o campo laboral, y en el caso de ser aprendiz universitario no sería la primera vez que estemos bajo el medio empresarial observando ciertas cosas que solo vimos o conocimos en nuestras aulas.
- Seguir por el buen camino de enseñanza que se lleva en las materias que son aplicadas a nuestro programa de ingeniería, como lo fueron algunas: Sistemas de distribución, instalaciones eléctricas, circuitos eléctricos 1-2-3, sistemas eléctricos de potencia, maquinas eléctricas 1-2, protecciones eléctricas, entre otras. Lo cual fueron de gran utilidad durante mi estancia de pasante universitario. Sin embargo, recomiendo de ser posible aplicar metodologías un poco más prácticas en esos cursos para nosotros como estudiantes logremos comprender un poco más la magnitud de conocimiento de esas áreas.
- Profundizar el acompañamiento al estudiantado que está bajo modalidad de pasante universitario, ya que puede llegar a surgir la circunstancia en que se compliquen las cosas en diferentes aspectos. Bien sea económicos, sociales y psicológicos, siendo ahí cuando nuestro programa nos debe de brindar ese acompañamiento extra.
- Seguir por el buen camino en formación del conocimiento que se lleva, siempre con la mejor disposición por parte del personal docente perteneciente al programa, lo cual son el pilar fundamental para nosotros como estudiantes motivarnos a seguir aportando y formando parte del programa.

#### 4.1.1. TEMÁTICAS, SOFTWARE, HABILIDADES, ETC. USADOS EN LA PRÁCTICA Y QUE FALTARON EN MI FORMACIÓN COMO INGENIERO ELÉCTRICO.

El manejo del paquete de los aplicativos Microsoft Office, en especial el aplicativo Microsoft Excel.

Respecto a las temáticas o habilidades sobre gestión eléctrica empresarial.

#### 4.1.2. TEMÁTICAS, SOFTWARE, HABILIDADES, ETC. USADAS EN LA PRÁCTICA Y QUE EFECTIVAMENTE UTILIZÓ Y APRENDIÓ EN SU FORMACIÓN COMO INGENIERO ELÉCTRICO.

Como habilidades adquiridas que aprendí en mi formación de ingeniero eléctrico y que utilicé en mi práctica universitaria, la buena interpretación de planimetría eléctrica, diagramas unifilares, ciertos criterios de sistemas de distribución, sistemas eléctricos de potencia, instalaciones eléctricas. Lo cual ellos fueron fundamentales para mi óptimo desempeño en mi práctica empresarial.

#### 4.2. PARA FUTUROS PRACTICANTES

A mis compañeros de programa de ingeniería eléctrica, que en un futuro quieran ser practicantes universitarios les recomiendo lo siguiente:

- Programarse con tiempo para empezar a buscar opciones empresariales, donde se pueda aplicar para ser un pasante universitario. Ya que si no se le dedica el tiempo suficiente en la búsqueda puede ocurrir que no se encuentre alguna oportunidad disponible.
- Invitarlos a motivarse a realizar las prácticas universitarias, ya que en mi experiencia puedo decir que es algo positivo donde nos aporta día a día conocimiento.
- Tener la mejor disposición posible, para así tratar de dejar las puertas abiertas en la empresa donde se está realizando la práctica empresarial a futuros practicantes de nuestra universidad.

#### 4.3. RECOMENDACIONES PARA LA EMPRESA

Con el presente documento lo cual fue realizado con base a datos obtenidos desde el año 2018 hasta septiembre del año 2022, y posteriormente estudiados se sugieren las siguientes recomendaciones a la empresa Centrales Eléctricas del Norte de Santander

- La empresa Centrales Eléctricas del Norte de Santander regional de Ocaña debería de implementar un procedimiento de control detallado sobre los transformadores de distribución donde se suministren algunos datos y características puntuales de cada transformador existente.
- Una vez recolectada la información y posteriormente realizando su clasificación y análisis, se pudo establecer que existe la ausencia de información necesaria, todo esto generando algún tipo de inconsistencias que llegan a provocar dificultades para que el personal encargado haga uso y análisis de la presente información. Como consecuencia se recomienda brindar frecuentemente capacitaciones y campañas de concientización al personal encargado de la recolección de datos para que sean de manera más oportuna, veraz y con un alto grado de credibilidad al momento de dicha recolección.
- Se recomienda establecer algún tipo de relación laboral comunicativa, con la empresa encargada de la reconstrucción y reparación de los transformadores fallados, ya que se hace necesario saber cómo mínimo, algún tipo de datos para a través de ellos realizar un análisis más detallado y oportuno como puede ser sobre sus causas y tipos de fallas que están afectando a los transformadores de la regional Ocaña.
- Se recomienda crear un plan de mantenimiento preventivo para los transformadores influyentes bajo estudio, con mayor énfasis de trabajo en los meses anteriores al mes de agosto, recordando que son los meses de agosto, septiembre y octubre con mayores índices de transformadores fallados para dicho circuito.
- Se recomienda realizar un seguimiento de servicio a los transformadores que han sido reparados, creando una base de datos. Con motivo de poder realizar en un futuro estudios más detallados y oportunos sobre algunos criterios ingenieriles como de confiabilidad, cargabilidad, etc.
- Crear un plan de seguimiento detallado bajo análisis a los 3T que se mencionan en el ítem 3.1.5 ya que reportan en repetidas ocasiones transformadores fallados, sugiriendo el buen uso de las herramientas tecnológicas de trabajo como lo pueden ser la cámara termográfica y el vuelo del dron que se dispone en la regional.

-

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CENS, (2021) *Informe de sostenibilidad* [Archivo PDF]

<https://drive.google.com/file/d/1clT5ANASp67ZMiF6fBxglIgZbxR9s-kY/view>

Carlos Julio Zapata. (2011) *Confiabilidad en Ingeniería*. Universidad tecnológica de Pereira.

[https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/lapsee/curso\\_2011\\_zapata\\_1.pdf](https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/lapsee/curso_2011_zapata_1.pdf)

Koval, D. Roczen, B. Coyle, T. Arno, R. Brumsickle, W. Schuerger, R. (2007) *Desing of reliable industrial and comercial power systems*. IEEE

<https://ieeexplore.ieee.org/document/4264700>

Hernández Sampieri, R. Fernández Collado, C. Batista Lucio, P. (2014) *Metodología de la investigación*. Mc Graw Hill Education.

<https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>

Cataño, D. y Suarez, H. (2004) *Análisis de confiabilidad de transformadores de distribución en la ciudad de Pereira. Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira, Colombia.*

Zapata Carlos, L. Cataño Dennis, Y. Suarez Héctor, F. (2004) *Índices De confiabilidad de transformadores de distribución. Revista mundo eléctrico. (57), p.26-27.*

[IndicesConfiabilidadTrafos.pdf \(utp.edu.co\)](#)

Sánchez Cardona, N. Henao Hernández, A. (2019) *Estudio de confiabilidad de transformadores de potencia 33/13.2 k v. [Tesis de pregrado universitario, Universidad Tecnológica de Pereira].*

<https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/97974c64-6b34-41fb-a301-16a52bb32ee6/content>

Arriagada Mass, A. (1994). *Evaluación de confiabilidad en sistemas eléctricos de distribución* [ Tesis de magister en ciencia de la ingeniería]

<https://hrudnick.sitios.ing.uc.cl/paperspdf/aarriagada.pdf>

Mora Gutiérrez, A (2009). *Mantenimiento, planeación, ejecución y control*. Alfaomega s.a

<https://elvisjgblog.files.wordpress.com/2019/11/mantenimiento-planeac3b3n-ejecuc3b3n-y-control-alberto-mora-gutic3a9rrez.pdf>

Carlos Julio Zapata. (2011) *Confiabilidad de sistemas eléctricos de potencia*. Universidad tecnológica de Pereira.

[https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/lapsee/curso\\_2011\\_zapata\\_2.pdf](https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariaeletrica/lapsee/curso_2011_zapata_2.pdf)

Correa Montoya, A. Giraldo Murcia, J. (2014) *Diagnostico de fallas en transformadores de distribución monofásicos para la empresa emcartago* [ Tesis de pregrado universitario, Universidad Tecnológica de Pereira]

<https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/68285d22-9305-48c5-97a4-b59851c415d5/content>

O'Connor, Patrick D. T. (2002). *Practical Reliability Engineering*. Stevenage: Wiley - John Wiley and Son. Cuarta edición: p. 540. ISBN: 0-470-84463-9.

Reliasoft (2008). *Reliasoft* . Reliasoft

<http://www.reliasoft.com/support/faq.htm>

Diaz Matalobos, Angel (1992). *Confiabilidad en mantenimiento*. Caracas: Ediciones IESA, C.A.: p.110. ISBN: 980-271-068-2.

CREG 015 de 2018. Por cual se establece la metodología para la remuneración de la actividad de distribución de energía eléctrica en el Sistema Interconectado Nacional. 29 de enero de 2018 Comisión de Regulación de Energía y Gas. Resolución 015 (2018).

[http://apolo.creg.gov.co/publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/65f1aaf1d57726a90525822900064dac/\\$file/creg015-2018.pdf](http://apolo.creg.gov.co/publicac.nsf/1c09d18d2d5ffb5b05256eee00709c02/65f1aaf1d57726a90525822900064dac/$file/creg015-2018.pdf)

Tamayo, M. M. (2003). *El proceso de la investigación científica*. México D.F: Limusa

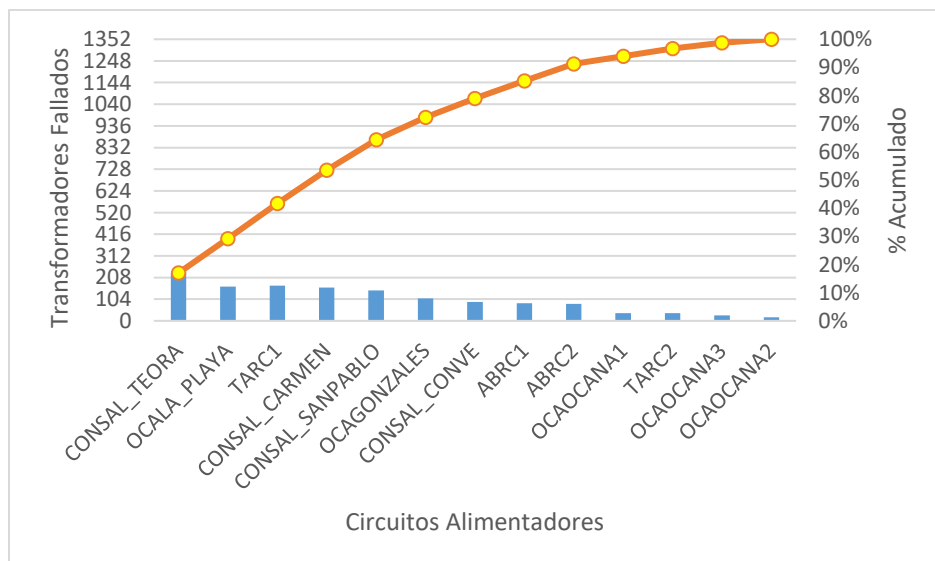
## ANEXOS

### Anexo A. Contextualización “3T”



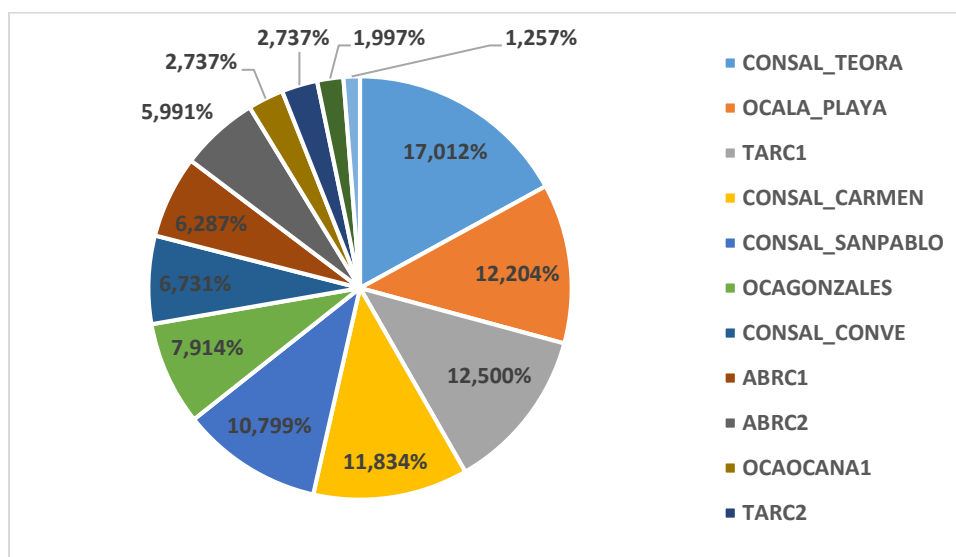
**Nota Anexo A:** Alusivo a lo que se refiere el término “3T” se observa un transformador trifásico, con sus protecciones, componentes y sistemas de conexión.

### Anexo B. Diagrama de Pareto respecto a los transformadores fallados



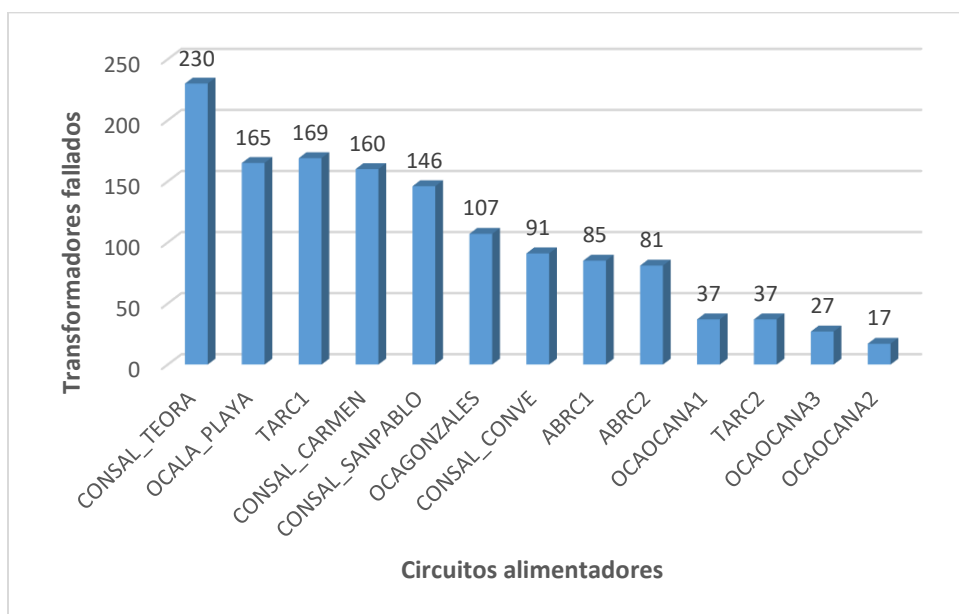
**Nota Anexo B:** Diagrama de Pareto respecto a los transformadores fallados por circuito alimentador, se observa que los circuitos CONSAL\_TEORA, OCALA\_PLAYA, TARC1 corresponden al mayor porcentaje de porcentaje de frecuencia acumulada.

**Anexo C.** Valores representativos de transformadores fallados



**Nota Anexo C:** Figura circular de porcentajes con valores representativos de transformadores fallados según circuito alimentador.

**Anexo D.** Transformadores fallados según circuito alimentador

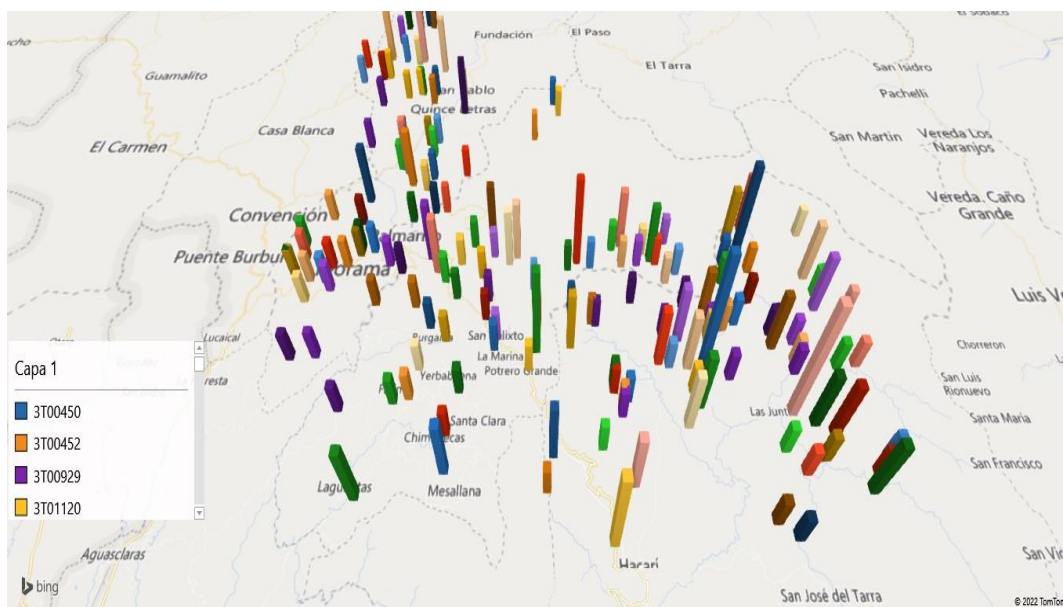


## Anexo E. Ubicación geográfica de los 653 transformadores

[illegible]

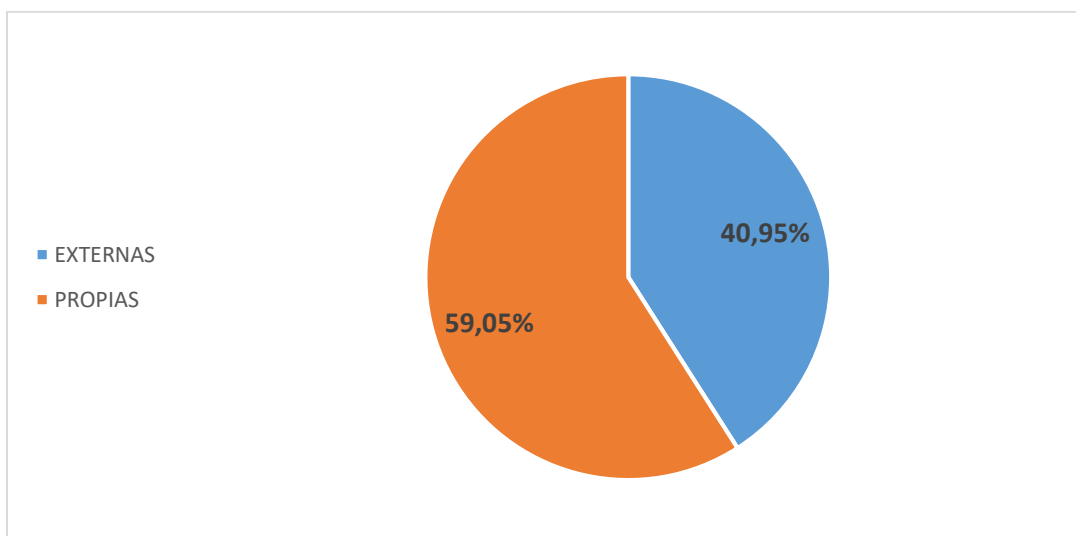
**Nota Anexo F:** Mapa de calor de los 3T fallados más influyentes en el circuito alimentador CONSAL\_TEORA. (Coordenadas reales)

**Anexo G.** Barras en mapa referente a los 3T



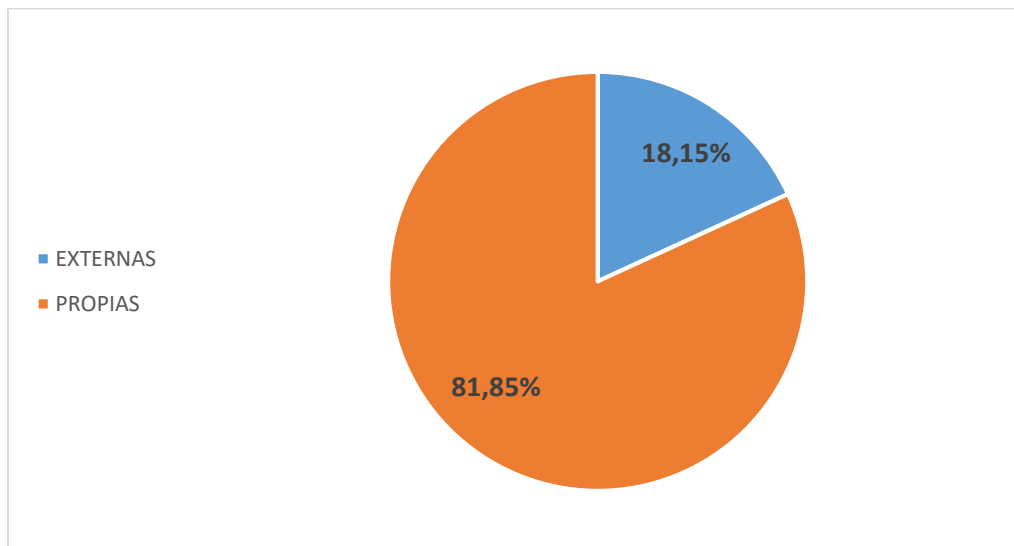
**Nota Anexo G:** Figura de barras en mapa referente a los 3T que han fallado en el circuito alimentador CONSAL\_TEORA, donde la magnitud de la barra hace referencia a la cantidad de veces que se han reportado transformadores en fallo.

**Anexo H.** Valores de participación pertenecientes a las salidas no programadas



**Nota Anexo H:** Figura circular de porcentajes con valores porcentuales de participación pertenecientes a las no programadas.

**Anexo I.** Valores de horas de indisponibilidad



**Nota Anexo I:** Figura circular de porcentajes con valores porcentuales de horas de indisponibilidad referente a las no programadas.

**Anexo J.** Transformadores fallados por meses y años

| TRANSFORMADORES FALLADOS CIRCUITO CONSAL_TEORA |            |           |           |           |           |           |                |  |  |
|------------------------------------------------|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|--|--|
| MES                                            | 2018       | 2019      | 2020      | 2021      | 2022      | TOTAL MES |                |  |  |
| ENERO                                          | 1          | 0         | 2         | 3         | 0         | 6         | 2,61%          |  |  |
| FEBRERO                                        | 0          | 1         | 1         | 0         | 0         | 2         | 0,87%          |  |  |
| MARZO                                          | 1          | 0         | 0         | 4         | 2         | 7         | 3,04%          |  |  |
| ABRIL                                          | 5          | 2         | 3         | 6         | 3         | 19        | 8,26%          |  |  |
| MAYO                                           | 5          | 5         | 1         | 3         | 2         | 16        | 6,96%          |  |  |
| JUNIO                                          | 5          | 5         | 13        | 4         | 4         | 31        | 13,48%         |  |  |
| JULIO                                          | 4          | 2         | 6         | 3         | 3         | 18        | 7,83%          |  |  |
| AGOSTO                                         | 10         | 3         | 8         | 8         | 3         | 32        | 13,91%         |  |  |
| SEPTIEMBRE                                     | 11         | 2         | 11        | 6         | 15        | 45        | 19,57%         |  |  |
| OCTUBRE                                        | 2          | 8         | 20        | 8         | N/A       | 38        | 16,52%         |  |  |
| NOVIEMBRE                                      | 2          | 5         | 1         | 3         | N/A       | 11        | 4,78%          |  |  |
| DICIEMBRE                                      | 2          | 0         | 3         | 0         | N/A       | 5         | 2,17%          |  |  |
| <b>TOTAL AÑO</b>                               | <b>48</b>  | <b>33</b> | <b>69</b> | <b>48</b> | <b>32</b> |           | <b>100,00%</b> |  |  |
| <b>TOTAL GENERAL</b>                           | <b>230</b> |           |           |           |           |           |                |  |  |

**Nota Anexo J:** Registro de transformadores fallados pertenecientes al circuito CONSAL\_TEORA, por meses y años.

### Anexo K. 3T fallados según cantidad y años

| Circuito | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | Total fallados | Latitud    | Longitud    |
|----------|------|------|------|------|------|----------------|------------|-------------|
| 3T00450  |      | 1    |      |      |      | 1              | 8,398124   | -73,207947  |
| 3T00452  | 1    |      |      |      |      | 1              | 8,43765    | -73,289714  |
| 3T00929  |      |      |      |      | 2    | 2              | 8,394787   | -73,29535   |
| 3T01120  |      | 1    |      |      |      | 1              | 8,389733   | -73,190746  |
| 3T01126  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,409726   | -73,186742  |
| 3T01134  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,426466   | -73,188556  |
| 3T01150  |      |      |      | 1    | 1    | 2              | 8,44217609 | -73,1976906 |
| 3T01153  |      |      |      | 1    |      | 1              | 8,44263426 | -73,2101244 |
| 3T01154  | 1    |      | 1    |      |      | 2              | 8,438205   | -73,201816  |
| 3T01163  |      |      |      |      | 1    | 1              | 8,359158   | -73,157307  |
| 3T01166  |      | 1    |      |      | 1    | 2              | 8,34644457 | -73,1444845 |
| 3T01177  | 1    |      |      | 1    |      | 2              | 8,35648506 | -73,1795108 |
| 3T01181  | 1    |      |      |      |      | 1              | 8,344606   | -73,182404  |
| 3T01182  | 1    |      |      |      |      | 1              | 8,420404   | -73,211844  |
| 3T01185  |      | 1    |      |      |      | 1              | 8,432084   | -73,216078  |
| 3T01189  |      |      |      | 1    |      | 1              | 8,42178996 | -73,2286841 |
| 3T01190  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,43704    | -73,297636  |
| 3T01191  | 1    |      |      |      |      | 1              | 8,42979251 | -73,2997454 |
| 3T01192  |      | 1    |      |      |      | 1              | 8,430008   | -73,30795   |
| 3T01193  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,42515612 | -73,2960202 |
| 3T01206  | 1    |      |      |      |      | 1              | 8,419903   | -73,308124  |
| 3T01208  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,42976    | -73,235602  |
| 3T01209  | 1    |      |      | 1    |      | 2              | 8,43438262 | -73,2402968 |
| 3T01214  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,407564   | -73,240611  |
| 3T01216  |      |      |      | 1    |      | 1              | 8,41757748 | -73,2496104 |
| 3T01226  |      | 1    |      |      |      | 1              | 8,373053   | -73,278971  |
| 3T01229  |      |      |      |      | 1    | 1              | 8,401804   | -73,232218  |
| 3T01234  | 1    |      |      |      |      | 1              | 8,38007    | -73,223533  |
| 3T01239  |      | 1    |      |      |      | 1              | 8,363798   | -73,228017  |
| 3T01242  |      |      |      |      | 2    | 2              | 8,350591   | -73,227319  |
| 3T01248  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,377863   | -73,246946  |
| 3T01250  | 1    |      |      | 1    |      | 2              | 8,44188106 | -73,2445182 |
| 3T01251  |      | 1    |      |      |      | 1              | 8,438631   | -73,227761  |
| 3T01256  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,448087   | -73,221236  |
| 3T01259  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,468253   | -73,239178  |
| 3T01260  |      | 1    |      |      |      | 1              | 8,467754   | -73,245587  |
| 3T01267  |      |      | 1    | 1    |      | 2              | 8,45145273 | -73,2114432 |
| 3T01323  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,434229   | -73,259521  |
| 3T01329  |      | 1    |      |      |      | 1              | 8,443212   | -73,283551  |
| 3T01330  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,446466   | -73,283469  |
| 3T01335  | 1    |      |      |      |      | 1              | 8,460866   | -73,286153  |
| 3T01337  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,445225   | -73,276413  |
| 3T01342  |      | 1    |      |      |      | 1              | 8,463344   | -73,303359  |
| 3T01346  |      |      |      | 1    |      | 1              | 8,43760201 | -73,2664008 |
| 3T01349  |      |      |      |      | 1    | 1              | 8,48155436 | -73,2527715 |
| 3T01353  |      |      |      | 1    |      | 1              | 8,44868879 | -73,3152147 |
| 3T01355  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,441643   | -73,313245  |
| 3T01473  | 1    | 1    |      |      |      | 2              | 8,474205   | -73,284718  |
| 3T01524  |      |      |      | 1    |      | 1              | 8,41815871 | -73,2703303 |
| 3T01558  |      |      |      | 1    |      | 1              | 8,39396263 | -73,3076896 |
| 3T01572  |      |      |      | 1    |      | 1              | 8,43291582 | -73,31702   |
| 3T01598  | 1    |      |      |      |      | 1              | 8,462259   | -73,2575483 |
| 3T01784  |      | 1    |      |      |      | 1              | 8,564097   | -73,293958  |
| 3T01787  |      | 1    |      |      |      | 1              | 8,579301   | -73,280468  |
| 3T01789  | 1    |      |      | 1    |      | 2              | 8,58125038 | -73,2913688 |
| 3T01792  |      | 1    |      |      |      | 1              | 8,597168   | -73,286692  |
| 3T01796  |      |      |      | 1    |      | 1              | 8,57766884 | -73,2715156 |
| 3T01808  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,495382   | -73,269905  |
| 3T01811  | 1    |      |      | 1    |      | 2              | 8,49198182 | -73,2650996 |
| 3T01813  |      |      |      | 1    |      | 1              | 8,48879092 | -73,2492738 |
| 3T01814  |      |      | 1    | 1    |      | 2              | 8,48432305 | -73,2615197 |
| 3T01821  |      | 1    |      |      |      | 1              | 8,510592   | -73,291823  |
| 3T01825  | 1    |      |      |      |      | 1              | 8,550605   | -73,265914  |
| 3T01827  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,550543   | -73,264806  |
| 3T01831  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,491041   | -73,229745  |
| 3T01833  |      |      |      | 1    |      | 1              | 8,513415   | -73,24934   |
| 3T01845  | 1    |      | 1    |      |      | 2              | 8,571099   | -73,252543  |
| 3T01944  |      |      |      | 1    |      | 1              | 8,40291607 | -73,2070955 |
| 3T01970  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,389599   | -73,243713  |
| 3T01980  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,504629   | -73,251217  |
| 3T02028  |      | 1    |      |      |      | 1              | 8,614843   | -73,269645  |
| 3T02060  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,612904   | -73,265962  |
| 3T02125  |      |      |      | 1    |      | 1              | 8,41924589 | -73,1388273 |
| 3T02169  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,511852   | -73,255143  |
| 3T02174  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,433435   | -73,317316  |
| 3T02178  | 1    |      |      |      |      | 1              | 8,41188476 | -73,2130161 |
| 3T02232  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,381082   | -73,107628  |
| 3T02236  |      |      |      | 1    |      | 1              | 8,38588433 | -73,0948215 |
| 3T02237  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,38057047 | -73,1131339 |

| Circuito | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | Total fallados | Latitud    | Longitud    |
|----------|------|------|------|------|------|----------------|------------|-------------|
| 3T02238  | 1    |      |      |      | 1    | 2              | 8,374328   | -73,111182  |
| 3T02256  | 2    |      |      |      |      | 2              | 8,391989   | -73,127893  |
| 3T02257  |      |      |      | 1    |      | 1              | 8,39036389 | -73,1230514 |
| 3T02258  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,39019513 | -73,1142866 |
| 3T02261  | 1    |      |      |      | 1    | 2              | 8,401757   | -73,117192  |
| 3T02267  | 1    |      | 1    |      |      | 2              | 8,367187   | -73,117561  |
| 3T02275  |      |      |      | 1    |      | 1              | 8,35840812 | -73,0759938 |
| 3T02295  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,55115921 | -73,2556091 |
| 3T02296  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,543866   | -73,256543  |
| 3T02301  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,541953   | -73,290491  |
| 3T02303  | 1    |      |      |      |      | 1              | 8,547675   | -73,274116  |
| 3T02402  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,435566   | -73,170756  |
| 3T02405  |      |      |      | 1    | 1    | 2              | 8,43709177 | -73,1585096 |
| 3T02406  |      | 1    |      |      |      | 1              | 8,437876   | -73,141606  |
| 3T02407  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,438239   | -73,133298  |
| 3T02408  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,444043   | -73,130382  |
| 3T02411  |      |      |      | 1    |      | 1              | 8,44636547 | -73,1462398 |
| 3T02412  | 1    |      |      |      | 1    | 2              | 8,448908   | -73,141305  |
| 3T02485  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,41543    | -73,169764  |
| 3T02486  |      | 1    |      |      |      | 1              | 8,409873   | -73,159776  |
| 3T02487  |      | 1    |      |      |      | 1              | 8,408533   | -73,157547  |
| 3T02502  |      |      |      |      | 2    | 2              | 8,382704   | -73,15071   |
| 3T02503  | 1    |      |      |      |      | 1              | 8,380376   | -73,150582  |
| 3T02504  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,37683    | -73,144393  |
| 3T02505  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,373381   | -73,147237  |
| 3T02506  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,371021   | -73,147363  |
| 3T02527  | 1    |      |      |      |      | 1              | 8,375926   | -73,253959  |
| 3T02572  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,350436   | -73,069003  |
| 3T02575  | 1    |      |      |      |      | 1              | 8,329615   | -73,079032  |
| 3T02576  |      |      |      | 1    |      | 1              | 8,33462729 | -73,0864215 |
| 3T02850  |      | 1    | 1    |      |      | 2              | 8,535864   | -73,235338  |
| 3T02854  |      |      |      | 1    |      | 1              | 8,61106371 | -73,2840334 |
| 3T02955  |      |      |      | 1    |      | 1              | 8,419311   | -73,078023  |
| 3T02957  | 1    |      |      |      |      | 1              | 8,409553   | -73,087364  |
| 3T02958  | 1    |      |      |      |      | 1              | 8,407003   | -73,093666  |
| 3T02961  | 1    |      |      |      |      | 1              | 8,405031   | -73,101908  |
| 3T02962  |      |      |      | 1    |      | 1              | 8,40229517 | -73,1022982 |
| 3T02993  |      |      |      | 1    |      | 1              | 8,42909103 | -73,0896361 |
| 3T02994  |      |      |      | 1    | 1    | 2              | 8,457127   | -73,072705  |
| 3T02997  |      |      | 2    |      |      | 2              | 8,409445   | -73,104192  |
| 3T02999  |      |      |      |      | 1    | 1              | 8,417506   | -73,112197  |
| 3T03004  |      |      |      | 1    | 1    | 2              | 8,449204   | -73,082796  |
| 3T03068  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,350235   | -73,037822  |
| 3T03070  |      | 1    |      |      |      | 1              | 8,355395   | -73,031311  |
| 3T03073  |      |      |      | 1    |      | 1              | 8,39196803 | -73,061917  |
| 3T03074  |      | 1    |      |      |      | 1              | 8,400476   | -73,060489  |
| 3T03076  |      | 1    | 1    |      |      | 2              | 8,391242   | -73,050978  |
| 3T03078  |      |      |      | 1    |      | 1              | 8,39050729 | -73,041905  |
| 3T03079  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,391025   | -73,032596  |
| 3T03200  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,438824   | -73,087083  |
| 3T03201  |      |      |      | 1    |      | 1              | 8,43470177 | -73,0741187 |
| 3T03236  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,40470249 | -73,1246623 |
| 3T03241  | 1    |      |      |      |      | 1              | 8,565389   | -73,289752  |
| 3T03249  | 2    |      |      |      |      | 2              | 8,342228   | -73,264545  |
| 3T03255  |      |      |      | 1    |      | 1              | 8,57429767 | -73,3072924 |
| 3T03310  |      |      |      | 1    |      | 1              | 8,56045177 | -73,3074085 |
| 3T03384  |      |      | 2    |      |      | 2              | 8,431344   | -73,044999  |
| 3T03385  | 1    |      |      | 1    |      | 2              | 8,41617312 | -73,0444314 |
| 3T03406  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,45458    | -73,04135   |
| 3T03457  | 1    |      |      |      |      | 1              | 8,423178   | -73,042123  |
| 3T03461  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,413603   | -73,029499  |
| 3T03466  |      |      |      | 1    |      | 1              | 8,51167193 | -73,2707549 |
| 3T03489  |      |      | 1    | 1    |      | 2              | 8,39884087 | -73,0711746 |
| 3T03495  | 1    |      |      |      |      | 1              | 8,404894   | -73,070734  |
| 3T03515  |      |      | 1    |      |      | 1              | 8,355214   | -73,059223  |
| 3T03520  | 1    |      | 1    |      |      | 2              | 8,364168   | -73,052074  |
| 3T03543  |      | 1    |      |      |      | 1              | 8,542631   | -73,177146  |
| 3T03606  |      |      |      | 1    |      | 1              | 8,51621821 | -73,1888803 |
| 3T03630  | 1    |      |      |      |      | 1              | 8,387892   | -73,063127  |
| 3T03742  |      |      |      | 1    |      | 1              | 8,53402362 | -73,1736221 |
| 3T03874  | 1    | 1    |      |      |      | 2              | 8,440658   | -73,125913  |
| 3T03877  |      | 1    |      |      |      | 1              | 8,433702   | -73,113092  |
| 3T03878  |      |      |      | 1    |      | 1              | 8,42926242 | -73,1192751 |
| 3T03888  | 1    |      |      |      |      | 1              | 8,449676   | -73,117015  |
| 3T04687  |      |      |      |      | 1    | 1              | 8,54893343 | -73,2367749 |

**Nota de K:** Se evidencia el código de identificación de los 3T fallados, seguidamente la cantidad de fallados según el año con sus respectiva latitud y longitud de ubicación.

**Anexo L. 3T que han fallado más de 2 veces**

| Circuito | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | Total fallados | Latitud    | Longitud    |
|----------|------|------|------|------|------|----------------|------------|-------------|
| 3T01122  |      |      | 2    |      | 1    | 3              | 8,396748   | -73,187064  |
| 3T02027  | 1    | 2    |      |      |      | 3              | 8,57942194 | -73,2681175 |
| 3T02231  |      | 1    | 1    | 1    |      | 3              | 8,39112454 | -73,1062281 |
| 3T02277  |      | 1    | 2    |      | 2    | 5              | 8,371929   | -73,0688    |
| 3T02403  | 2    |      | 1    |      |      | 3              | 8,439519   | -73,165605  |
| 3T02491  |      | 1    | 1    |      | 1    | 3              | 8,398806   | -73,170535  |
| 3T02507  | 1    | 1    | 1    |      |      | 3              | 8,32800077 | -73,1548818 |
| 3T02852  |      |      | 3    |      |      | 3              | 8,610364   | -73,275131  |
| 3T02995  | 2    |      |      | 1    |      | 3              | 8,446519   | -73,076689  |
| 3T03067  | 1    |      | 1    |      | 1    | 3              | 8,344561   | -73,042263  |
| 3T03517  |      |      | 1    | 1    | 1    | 3              | 8,36758555 | -73,059957  |

**Nota de anexo L:** Se evidencia el código de identificación de los 3T fallados con la particularidad de que son los que han fallados más de 2 veces en el lapso de tiempo bajo estudio, seguidamente la cantidad de fallados según el año con sus respectiva latitud y longitud de ubicación.

**Anexo M. Registros de informes operativos diarios**

Link de visualización. [Anexo M.pdf](#)

[https://unipamplonaedumy.sharepoint.com/:b:/g/personal/leonardo\\_mejia\\_unipamplona\\_edu\\_co/ERMhIZJT16FPh94TAHCZ2kQBSOcD0\\_1PI7\\_P\\_zDrjNGfpA?e=I7vuzP](https://unipamplonaedumy.sharepoint.com/:b:/g/personal/leonardo_mejia_unipamplona_edu_co/ERMhIZJT16FPh94TAHCZ2kQBSOcD0_1PI7_P_zDrjNGfpA?e=I7vuzP)

## Anexo N. Cálculos de índices de confiabilidad a los 3T

| 3T      | λo        | λ         | MTTO      | MTTF      | MTTRS       | MTTR        | Tasa Restauración | μ           | Dispo Opera | Indispon/Opera | Dispo/Inherente | Indispo/Inherente |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------------|-------------|-------------|----------------|-----------------|-------------------|
| 3T01348 | 9,9778564 | 9,5241918 | 0,1002219 | 0,1049958 | 16,6672931  | 14,6088025  | 525,5802441       | 26,4574248  | 98,1369236  | 163,2054898    | 98,365109       | 136,616445        |
| 3T01826 | 8,0402751 | 7,8286416 | 0,1243739 | 0,1277361 | 16,9780556  | 17,4301652  | 515,9601446       | 26,9656294  | 98,4655976  | 134,4136512    | 98,4661922      | 134,3615663       |
| 3T01815 | 7,8292581 | 7,6175063 | 0,1277260 | 0,1312766 | 17,5182808  | 17,9822145  | 500,0490693       | 26,8645905  | 98,4584382  | 135,0408112    | 98,4603805      | 134,8706672       |
| 3T01328 | 7,5507907 | 7,3409821 | 0,1324365 | 0,1362216 | 7,8214506   | 8,0344444   | 1119,9968431      | 61,2575823  | 99,3303351  | 58,6626449     | 99,3312071      | 58,5862537        |
| 3T01809 | 6,9428238 | 6,9428238 | 0,1440336 | 0,1440336 | 12,4090152  | 12,4090152  | 705,9383757       | 42,2884669  | 99,0260897  | 85,3145464     | 99,0260897      | 85,3145464        |
| 3T01827 | 6,1069747 | 6,1069747 | 0,1637472 | 0,1637472 | 15,4619540  | 15,4619540  | 566,5519369       | 38,6587256  | 98,9335755  | 93,4187833     | 98,9335755      | 93,4187833        |
| 3T01816 | 6,1002734 | 6,1002734 | 0,1639271 | 0,1639271 | 13,8861877  | 13,8861877  | 630,8426880       | 42,9939389  | 99,0422575  | 83,8982422     | 99,0422575      | 83,8982422        |
| 3T01846 | 5,8893082 | 5,8893082 | 0,1697992 | 0,1697992 | 14,2278373  | 14,2278373  | 615,6944175       | 43,4546119  | 99,0525318  | 82,9982151     | 99,0525318      | 82,9982151        |
| 3T01786 | 5,8712312 | 5,8712312 | 0,1703220 | 0,1703220 | 9,6481448   | 9,6481448   | 907,965684        | 63,7211606  | 99,3575053  | 56,2825385     | 99,3575053      | 56,2825385        |
| 3T01699 | 5,4601937 | 5,2500394 | 0,1831437 | 0,1904748 | 12,8434188  | 13,1304889  | 682,0613837       | 51,9015646  | 99,2058149  | 69,5706120     | 99,2058586      | 69,3275491        |
| 3T02852 | 5,1194931 | 5,1194931 | 0,1953318 | 0,1953318 | 40,8403819  | 40,8403819  | 214,4935866       | 17,7873614  | 97,6688578  | 204,2080546    | 97,6688578      | 204,2080546       |
| 3T01152 | 4,8162649 | 4,8162649 | 0,2076298 | 0,2076298 | 9,2802652   | 9,2802652   | 943,7554892       | 80,2611766  | 99,4922614  | 44,4779009     | 99,4922614      | 44,4779009        |
| 3T01784 | 4,6410119 | 4,6410119 | 0,2154703 | 0,2154703 | 23,6958207  | 23,6958207  | 369,6854440       | 33,3011529  | 98,7601699  | 108,6091131    | 98,7601699      | 108,6091131       |
| 3T02853 | 4,6285568 | 4,6285568 | 0,2160501 | 0,2160501 | 18,6166414  | 18,6166414  | 470,5467439       | 42,2814647  | 99,0259265  | 85,3288408     | 99,0259265      | 85,3288408        |
| 3T01804 | 4,4093273 | 4,4093273 | 0,2267920 | 0,2267920 | 15,5278704  | 15,5278704  | 564,1469034       | 52,9488884  | 99,2244694  | 67,9364772     | 99,2244694      | 67,9364772        |
| 3T01130 | 4,4031399 | 4,1934131 | 0,2271107 | 0,2384692 | 12,7361111  | 13,3462500  | 687,8080698       | 64,4769871  | 99,3639032  | 55,7221629     | 99,3651707      | 55,6110484        |
| 3T01838 | 4,2052761 | 4,2052761 | 0,2377965 | 0,2377965 | 19,2392778  | 19,2392778  | 455,8185468       | 44,7908831  | 99,0848622  | 80,1606697     | 99,0848622      | 80,1606697        |
| 3T01831 | 3,9900646 | 3,9900646 | 0,2506225 | 0,2506225 | 17,5328655  | 17,5328655  | 499,6331034       | 51,8459312  | 99,2077281  | 69,4030144     | 99,2077281      | 69,4030144        |
| 3T0186  | 3,9841996 | 3,7744748 | 0,2509914 | 0,2649375 | 14,3010234  | 15,0770062  | 612,5435754       | 63,4355185  | 99,3537680  | 56,6099211     | 99,3537680      | 56,6099211        |
| 3T01793 | 3,9832152 | 3,9832152 | 0,2510535 | 0,2510535 | 13,7576170  | 13,7576170  | 636,7381812       | 65,8165172  | 99,3783234  | 54,5887525     | 99,3783234      | 54,5887525        |
| 3T01135 | 3,9738301 | 3,7646497 | 0,2516464 | 0,2656290 | 8,5634604   | 9,0199537   | 1022,9294600      | 104,8103762 | 99,310278   | 33,8987631     | 99,3138602      | 33,8258443        |
| 3T02341 | 3,7885656 | 3,5780862 | 0,2639521 | 0,2794804 | 23,7089506  | 25,0888889  | 369,4807139       | 40,6203444  | 98,9850315  | 88,9112403     | 98,9856261      | 88,9591554        |
| 3T01980 | 3,7745473 | 3,7745473 | 0,2649324 | 0,2649324 | 15,1215741  | 15,1215741  | 579,3047706       | 63,2517945  | 99,3526529  | 59,3526529     | 99,3526529      | 59,3526529        |
| 3T01808 | 3,5922554 | 3,5922554 | 0,2783766 | 0,2783766 | 34,7579248  | 34,7579248  | 252,0288550       | 29,4115387  | 98,5946953  | 123,1046882    | 98,5946953      | 123,1046882       |
| 3T02508 | 3,5645288 | 3,5645288 | 0,2805420 | 0,2805420 | 15,7895261  | 15,7895261  | 554,7891567       | 64,1237266  | 99,3616105  | 55,9229212     | 99,3616105      | 55,9229212        |
| 3T04030 | 3,5622829 | 3,5622829 | 0,2807189 | 0,2807189 | 14,2400817  | 14,2400817  | 715,1650099       | 70,9652936  | 99,4242564  | 50,4351403     | 99,4242564      | 50,4351403        |
| 3T01203 | 3,5520629 | 3,4309914 | 0,2815265 | 0,2991243 | 7,1647712   | 7,5917361   | 1222,4689450      | 138,7528976 | 99,7103197  | 25,7599591     | 99,7111125      | 25,3065485        |
| 3T02277 | 3,4509644 | 3,4509644 | 0,2897741 | 0,2897741 | 89,5000694  | 89,5000694  | 97,8770190        | 12,1937557  | 96,5942632  | 298,3425423    | 96,5942632      | 298,3425423       |
| 3T01399 | 3,3538256 | 3,1441864 | 0,2897741 | 0,2897741 | 15,9782986  | 17,0212963  | 548,2436030       | 67,3537104  | 99,3919795  | 53,2625981     | 99,3927722      | 53,1935116        |
| 3T01783 | 3,3509544 | 3,1414862 | 0,2984232 | 0,3183207 | 13,7332339  | 14,6265926  | 637,8763031       | 78,1449514  | 99,4774095  | 45,789238      | 99,4782023      | 45,7094773        |
| 3T02507 | 3,1657500 | 3,1657500 | 0,3158809 | 0,3158809 | 35,9988333  | 35,9988333  | 243,3412194       | 32,1596319  | 99,7157564  | 112,4997394    | 99,7157564      | 112,4997394       |
| 3T01848 | 3,1450338 | 3,1450338 | 0,3179616 | 0,3179616 | 17,7720000  | 17,7720000  | 492,0191958       | 64,5899554  | 99,3659912  | 55,391712      | 99,3659912      | 55,391712         |
| 3T01839 | 3,1447426 | 3,1447426 | 0,3179910 | 0,3179910 | 17,5140556  | 17,5140556  | 500,1969050       | 65,4927101  | 99,3751933  | 54,3730706     | 99,3751933      | 54,3730706        |
| 3T02574 | 3,1355060 | 3,1355060 | 0,3189278 | 0,3189278 | 9,3081667   | 9,3081667   | 941,1090619       | 121,3108589 | 99,6679350  | 29,0888962     | 99,6679350      | 29,0888962        |
| 3T01847 | 3,1347124 | 3,1347124 | 0,3190085 | 0,3190085 | 8,6009444   | 8,6009444   | 1018,4928012      | 130,9279828 | 99,6931648  | 26,8787602     | 99,6931648      | 26,8787602        |
| 3T01337 | 3,1346668 | 3,1346668 | 0,3191332 | 0,3191332 | 7,5078889   | 7,5078889   | 1166,7277279      | 149,2102728 | 99,7321591  | 23,4628588     | 99,7321591      | 23,4628588        |
| 3T01702 | 3,1297035 | 3,1297035 | 0,3195191 | 0,3242349 | 4,1284630   | 4,3971627   | 2121,8550532      | 264,0193961 | 99,8527188  | 12,9018350     | 99,8527188      | 12,9018350        |
| 3T02295 | 2,9359238 | 2,9359238 | 0,3406699 | 0,3406699 | 19,0698214  | 19,0698214  | 459,3645532       | 64,4645319  | 99,3650458  | 55,6219862     | 99,3650458      | 55,6219862        |
| 3T01830 | 2,9321942 | 2,9321942 | 0,3410415 | 0,3410415 | 15,8142446  | 15,8142446  | 553,9246745       | 77,4529646  | 99,4734384  | 61,267391      | 99,4734384      | 61,267391         |
| 3T01331 | 2,9299712 | 2,7206691 | 0,3413003 | 0,3677566 | 13,5477183  | 14,5680556  | 646,6033494       | 90,2234369  | 99,5489113  | 59,1513673     | 99,5495852      | 59,463378         |
| 3T02267 | 2,8732264 | 2,8732264 | 0,3480408 | 0,3480408 | 185,5267949 | 185,5267949 | 71,4168993        | 7,2497106   | 94,2638867  | 502,483231     | 94,2638867      | 502,483231        |
| 3T01323 | 2,7240383 | 2,5144819 | 0,3671020 | 0,3976962 | 18,5504060  | 20,0754398  | 472,2268617       | 17,3049816  | 99,4264590  | 50,4241497     | 99,4270535      | 50,1901998        |
| 3T01230 | 2,7223664 | 2,7223664 | 0,3673275 | 0,3673275 | 16,5747071  | 16,5747071  | 528,4917987       | 79,5347881  | 99,4875200  | 44,8932490     | 99,4875200      | 44,8932490        |
| 3T01339 | 2,7206141 | 2,5069242 | 0,3675641 | 0,3888952 | 14,5029701  | 9,5726620   | 604,0142087       | 146,4004051 | 99,5515975  | 39,2800593     | 99,5515975      | 39,2800593        |
| 3T01810 | 2,7196715 | 2,5104440 | 0,3676915 | 0,3983359 | 13,3869444  | 14,1719676  | 654,3688917       | 98,1713531  | 99,5867028  | 36,2579988     | 99,5867028      | 36,2579988        |
| 3T02473 | 2,7183157 | 2,0899337 | 0,3678749 | 0,4784841 | 11,7805128  | 13,1530000  | 743,6009504       | 128,5118357 | 99,6357704  | 131,9065157    | 99,6357704      | 131,9065157       |
| 3T02273 | 2,7165694 | 2,7165694 | 0,3681113 | 0,3681113 | 9,7089103   | 9,7089103   | 902,2639790       | 133,7244428 | 99,6998201  | 26,2957566     | 99,6998201      | 26,2957566        |
| 3T01341 | 2,7164714 | 2,7164714 | 0,3681246 | 0,3681246 | 9,5925214   | 9,5925214   | 915,2114138       | 135,2868243 | 99,7034186  | 25,9052272     | 99,7034186      | 25,9052272        |
| 3T02854 | 2,5404518 | 2,5404518 | 0,3936308 | 0,3936308 | 55,6889583  | 55,6889583  | 177,3022779       | 26,0300483  | 98,4106554  | 139,2265853    | 98,4106554      | 139,2265853       |
| 3T01346 | 2,5357545 | 2,5357545 | 0,3943599 | 0,3943599 | 49,3015046  | 49,3015046  | 177,8822039       | 29,3573753  | 98,5929512  | 123,2574705    | 98,5929512      | 123,2574705       |
| 3T01814 | 2,5173404 | 2,5173404 | 0,3972446 | 0,3972446 | 24,0314583  | 24,0314583  | 364,5221975       | 59,7590491  | 99,3141501  | 60,0804537     | 99,3141501      | 60,0804537        |
| 3T01572 | 2,5155059 | 2,5155059 | 0,3975344 | 0,3975344 | 21,4936343  | 21,4936343  | 407,5625320       | 66,6860872  | 99,3865787  | 53,357026      | 99,3865787      | 53,357026         |
| 3T01234 | 2,5144666 | 2,5144666 | 0,3975437 | 0,3975437 | 21,4115278  | 21,4115278  | 499,1254602       | 66,9371179  | 99,3889220  | 53,5304302     | 99,3889220      | 53,5304302        |
| 3T04028 | 2,5148121 | 2,5148121 | 0,3976440 | 0,3976440 | 20,5329398  | 20,5329398  | 426,6153530       | 69,7465742  | 99,4139966  | 51,338942      | 99,4139966      | 51,338942         |
| 3T02079 | 2,5083973 | 2,5083973 | 0,3986609 | 0,3986609 | 11,6247917  | 11,6247917  | 753,5618918       | 121,4159465 | 99,6682323  | 29,0628537     | 99,6682323      | 29,0628537        |
| 3T02575 | 2,5074411 | 2,5074411 | 0,3988130 | 0,3988130 | 10,2930787  | 10,2930787  | 83,5737223        | 16,3570707  | 99,7062389  | 25,334711      | 99,7062389      | 25,334711         |
| 3T01194 | 2,5073155 | 2,5073155 | 0,3988329 | 0,3988329 | 10,180787   | 10,180787   | 865,770712        | 138,8087798 | 99,7112334  | 25,2959579     | 99,7112334      | 25,2959579        |
| 3T01338 | 2,5072983 | 2,5072983 | 0,3988357 | 0,3988357 | 10,940741   | 10,940741   | 387,8359140       | 139,1262974 | 99,7119184  | 25,2359446     | 99,7119184      | 25,2359446        |
| 3T01840 | 2,5070893 | 2,5070893 | 0,3988689 | 0,3988689 | 9,8028472   | 9,8028472   | 893,6179256       | 143,0974796 | 99,7202300  | 24,5078555     | 99,7202300      | 24,5078555        |
| 3T01197 | 2,5054249 | 2,2966377 | 0,3991310 | 0,4354191 | 7,5066898   | 8,1588131   | 1166,9591013      | 185,3050553 | 99,7857615  | 18,672893      | 99,7857615      | 18,672893         |
| 3T01190 | 2,5047961 | 2,2960376 | 0,3992341 | 0,4355329 | 6,0039352   | 7,1618687   | 1326,4818255      | 209,6184951 | 99,8115259  | 16,5103348     | 99,8115259      | 16,5103348        |
| 3T01121 | 2,5047367 | 2,5047367 | 0,3992436 | 0,3992436 | 6,5210185   | 6,5210185   | 1343,3484317      | 210,9519770 | 99,8138923  | 16,3030369     | 99,8138923      | 16,3030369        |
| 3T03079 | 2,3232505 | 2,3232505 | 0,4304314 | 0,4304314 | 51,5112121  | 51,5112121  | 168,9449415       | 30,4609022  | 98,6435015  | 118,8292702    | 98,64           |                   |

| 3T      | Λo        | λ         | MTTO      | MTTF      | MTTRS       | MTTR        | Tasa Restauración | μ            | Dispo Opera | Indisponi/Opera | Dispo/Inherente | Indispo/Inherente |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------------|--------------|-------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| 3T01874 | 1,6763214 | 1,6763214 | 0,5965443 | 0,5965443 | 30,1135764  | 30,1135764  | 290,8986926       | 71,3040142   | 99,4270456  | 50,1908043      | 99,4270456      | 50,1908043        |
| 3T00539 | 1,6760309 | 1,6760309 | 0,5966477 | 0,5966477 | 29,2078472  | 29,2078472  | 299,9193995       | 73,4706304   | 99,4442784  | 48,6812102      | 99,4442784      | 48,6812102        |
| 3T01806 | 1,6755525 | 1,6755525 | 0,5968181 | 0,5968181 | 27,156944   | 27,156944   | 316,0664084       | 77,3423163   | 99,4726688  | 46,1942141      | 99,4726688      | 46,1942141        |
| 3T02850 | 1,6754030 | 1,6754030 | 0,5968713 | 0,5968713 | 27,2491319  | 27,2491319  | 321,4781307       | 78,6380496   | 99,4815458  | 45,4165866      | 99,4815458      | 45,4165866        |
| 3T02174 | 1,6740479 | 1,6740479 | 0,5973545 | 0,5973545 | 23,0166667  | 23,0166667  | 380,5937726       | 92,7311930   | 99,5620746  | 38,3622655      | 99,5620746      | 38,3622655        |
| 3T02958 | 1,6730180 | 1,4638820 | 0,5977222 | 0,6831152 | 19,7952431  | 22,5874206  | 442,5305603       | 107,5428545  | 99,6233668  | 32,9936466      | 99,6233668      | 32,9936466        |
| 3T01192 | 1,6725292 | 1,6725292 | 0,5978969 | 0,5978969 | 18,2651736  | 18,2651736  | 479,6012448       | 116,0870364  | 99,6524786  | 30,4428721      | 99,6524786      | 30,4428721        |
| 3T01231 | 1,6713679 | 1,6713679 | 0,5983123 | 0,5983123 | 14,6260764  | 14,6260764  | 598,9302782       | 143,8323663  | 99,7217177  | 24,3775275      | 99,7217177      | 24,3775275        |
| 3T02404 | 1,6701503 | 1,6701503 | 0,5987485 | 0,5987485 | 10,8048264  | 10,8048264  | 110,7487973       | 192,0242705  | 99,7944225  | 18,0085859      | 99,7944225      | 18,0085859        |
| 3T01792 | 1,6700781 | 1,6700781 | 0,5987744 | 0,5987744 | 10,5781250  | 10,5781250  | 828,1240768       | 195,9186838  | 99,7987359  | 17,6307389      | 99,7987359      | 17,6307389        |
| 3T01829 | 1,6697525 | 1,6697525 | 0,5988911 | 0,5988911 | 9,5554514   | 9,5554514   | 916,7541797       | 215,6481095  | 99,8181937  | 15,9262316      | 99,8181937      | 15,9262316        |
| 3T01124 | 1,6697406 | 1,4610114 | 0,5988954 | 0,6844573 | 9,5179861   | 10,8300794  | 920,3627635       | 217,3416530  | 99,8189065  | 15,8637875      | 99,8189065      | 15,8637875        |
| 3T01875 | 1,6697087 | 1,2520871 | 0,5989069 | 0,7986665 | 9,4176389   | 11,4707407  | 930,1694515       | 237,9649110  | 99,8208158  | 15,695371       | 99,8363144      | 14,3388574        |
| 3T02849 | 1,6693604 | 1,6693604 | 0,5990318 | 0,5990318 | 8,3230556   | 8,3230556   | 1052,4980810      | 245,4321188  | 99,8416418  | 13,8721767      | 99,8416418      | 13,8721767        |
| 3T02272 | 1,6691554 | 1,6691554 | 0,5991054 | 0,5991054 | 7,6785069   | 7,6785069   | 1140,8467901      | 264,5410327  | 99,8539053  | 12,7978967      | 99,8539053      | 12,7978967        |
| 3T02263 | 1,6677988 | 1,6677988 | 0,5995927 | 0,5995927 | 3,496528    | 3,496528    | 2569,1765616      | 546,1844161  | 99,9351264  | 5,6829256       | 99,9351264      | 5,6829256         |
| 3T02490 | 1,4891350 | 1,2763926 | 0,6715308 | 0,7834580 | 124,066270  | 144,697159  | 70,672230         | 20,0691214   | 97,9345212  | 180,9359423     | 97,9345212      | 180,9359423       |
| 3T01811 | 1,4826010 | 1,4826010 | 0,6744903 | 0,6744903 | 98,1411905  | 98,1411905  | 89,2591577        | 25,256709    | 98,3661315  | 143,1268763     | 98,3661315      | 143,1268763       |
| 3T01251 | 1,4742233 | 1,4742233 | 0,6783233 | 0,6783233 | 64,5644048  | 64,5644048  | 135,6784754       | 38,3579060   | 98,251226   | 94,1592570      | 98,251226       | 94,1592570        |
| 3T03068 | 1,4737978 | 1,4737978 | 0,6785191 | 0,6785191 | 62,8487302  | 62,8487302  | 139,3822911       | 39,3937175   | 98,9536854  | 91,6571562      | 98,9536854      | 91,6571562        |
| 3T02491 | 1,4720241 | 1,4720241 | 0,6793367 | 0,6793367 | 55,6869048  | 55,6869048  | 157,3080788       | 44,3984704   | 99,0729165  | 81,215132       | 99,0729165      | 81,215132         |
| 3T01125 | 1,4698231 | 1,2598356 | 0,6803540 | 0,7937542 | 46,7755952  | 54,5020833  | 187,2714465       | 52,8009271   | 99,2212733  | 68,2146424      | 99,2212733      | 68,2146424        |
| 3T01805 | 1,4655062 | 1,4655062 | 0,6823581 | 0,6823581 | 29,2194048  | 29,2194048  | 299,8067684       | 83,693257    | 99,5135512  | 42,6129142      | 99,5135512      | 42,6129142        |
| 3T01163 | 1,4653658 | 1,2560193 | 0,6824235 | 0,7961661 | 26,4468651  | 33,3741204  | 350,7926225       | 85,448344    | 99,5230829  | 41,7779354      | 99,5230829      | 41,7779354        |
| 3T02407 | 1,4648375 | 1,4648375 | 0,6826696 | 0,6826696 | 28,4910317  | 26,4910317  | 330,6779473       | 92,0956115   | 99,5589735  | 38,6339172      | 99,5589735      | 38,6339172        |
| 3T01834 | 1,4644613 | 1,2529803 | 0,6828450 | 0,7968253 | 24,9545365  | 27,5997685  | 351,0379976       | 102,8178266  | 99,5845529  | 36,3931669      | 99,6061558      | 34,5007488        |
| 3T01170 | 1,4643248 | 1,4643248 | 0,6829086 | 0,6829086 | 24,3971032  | 24,3971032  | 359,0590218       | 99,7838144   | 99,5938336  | 35,5801794      | 99,5938336      | 35,5801794        |
| 3T01259 | 1,4628985 | 1,4628985 | 0,6835744 | 0,6835744 | 18,5642460  | 18,5642460  | 471,8748063       | 130,0189603  | 99,609398   | 27,0736735      | 99,609398       | 27,0736735        |
| 3T01258 | 1,4622677 | 1,4622677 | 0,6838693 | 0,6838693 | 15,9813889  | 15,9813889  | 548,1375906       | 150,1676815  | 99,7339396  | 23,3068935      | 99,7339396      | 23,3068935        |
| 3T01123 | 1,4615603 | 1,2527560 | 0,6842003 | 0,7982400 | 13,0817065  | 15,2064352  | 687,64132         | 182,4269025  | 99,7822139  | 19,0780625      | 99,7822139      | 19,0780625        |
| 3T01248 | 1,4609883 | 1,4609883 | 0,6844682 | 0,6844682 | 10,7351190  | 10,7351190  | 816,0133075       | 219,1487777  | 99,8212802  | 15,655830       | 99,8212802      | 15,655830         |
| 3T01267 | 1,4609732 | 1,4609732 | 0,6844752 | 0,6844752 | 10,6732143  | 10,6732143  | 820,7461937       | 220,3431137  | 99,8223108  | 15,5657226      | 99,8223108      | 15,5657226        |
| 3T01247 | 1,4609367 | 1,2522176 | 0,6844923 | 0,7985833 | 10,5235317  | 12,1996759  | 832,4021619       | 224,6214001  | 99,8248028  | 15,3472789      | 99,8248028      | 15,3472789        |
| 3T01205 | 1,4594634 | 1,2505957 | 0,6851834 | 0,7993863 | 4,4701984   | 5,1652315   | 1959,6445597      | 489,5051924  | 99,9255795  | 6,5192355       | 99,9255795      | 6,5192355         |
| 3T01334 | 1,4587754 | 1,2503690 | 0,6855065 | 0,7997639 | 1,6396429   | 1,8573611   | 5342,6268788      | 1098,8444289 | 99,9727030  | 2,3211718       | 99,9727030      | 2,3211718         |
| 3T02406 | 1,2747917 | 1,2747917 | 0,7844419 | 0,7844419 | 136,0783333 | 136,0783333 | 74,3746861        | 21,3328176   | 98,0581845  | 170,1030353     | 98,0581845      | 170,1030353       |
| 3T01237 | 1,2711280 | 1,0592669 | 0,7867028 | 0,9440491 | 116,2723148 | 139,4767778 | 65,3407677        | 24,9507342   | 98,3408132  | 145,2962822     | 98,3407677      | 145,2962822       |
| 3T01177 | 1,2681558 | 1,2681558 | 0,7885466 | 0,7885466 | 100,1205556 | 100,1205556 | 87,4945205        | 28,9336656   | 98,5712961  | 125,1544605     | 98,5712961      | 125,1544605       |
| 3T01166 | 1,2678247 | 1,2678247 | 0,7888775 | 0,7888775 | 98,1166667  | 98,1166667  | 89,0998474        | 29,4602392   | 98,5970373  | 122,8995315     | 98,5970373      | 122,8995315       |
| 3T02411 | 1,2676239 | 1,2676239 | 0,7888775 | 0,7888775 | 97,2218981  | 97,2218981  | 90,1015175        | 29,7892693   | 98,6126595  | 121,5310297     | 98,6126595      | 121,5310297       |
| 3T01833 | 1,2628151 | 1,2628151 | 0,7918816 | 0,7918816 | 70,9066204  | 70,9066204  | 121,5427659       | 40,7214978   | 98,9881742  | 88,6319426      | 98,9881742      | 88,6319426        |
| 3T02558 | 1,2607892 | 1,2607892 | 0,7931540 | 0,7931540 | 59,7607778  | 59,7607778  | 146,5866640       | 48,1164427   | 99,1472306  | 74,7025951      | 99,1472306      | 74,7025951        |
| 3T01310 | 1,2602077 | 1,2602077 | 0,7935200 | 0,7935200 | 56,5537963  | 56,5537963  | 154,8967633       | 50,9120828   | 99,1928866  | 70,6943727      | 99,1928866      | 70,6943727        |
| 3T01821 | 1,2571243 | 1,2571243 | 0,7954663 | 0,7954663 | 39,5044444  | 39,5044444  | 221,7472014       | 72,4486290   | 99,4362781  | 49,4362781      | 99,4362781      | 49,4362781        |
| 3T03527 | 1,2560390 | 1,0463248 | 0,7961194 | 0,9557262 | 33,7831481  | 37,1852778  | 259,3008787       | 81,5948085   | 99,5179200  | 42,2302059      | 99,5578102      | 38,7938300        |
| 3T01207 | 1,2551665 | 1,2551665 | 0,7967071 | 0,7967071 | 28,6351852  | 28,6351852  | 305,9173511       | 99,2010877   | 99,5913806  | 35,7950866      | 99,5913806      | 35,7950866        |
| 3T01191 | 1,2537059 | 1,2537059 | 0,7976352 | 0,7976352 | 20,5047222  | 20,5047222  | 427,2186624       | 137,0588707  | 99,7074010  | 25,6316741      | 99,7074010      | 25,6316741        |
| 3T02294 | 1,2536173 | 1,2536173 | 0,7976916 | 0,7976916 | 20,0108333  | 20,0108333  | 437,7628784       | 140,3116988  | 99,7144487  | 25,0142944      | 99,7144487      | 25,0142944        |
| 3T01844 | 1,2531514 | 1,2531514 | 0,7979882 | 0,7979882 | 17,4125463  | 17,4125463  | 503,0855253       | 160,3292484  | 99,7515258  | 21,7663278      | 99,7515258      | 21,7663278        |
| 3T01355 | 1,2525339 | 1,2525339 | 0,7983816 | 0,7983816 | 13,9663889  | 13,9663889  | 627,2201118       | 197,7467059  | 99,8007019  | 17,4585115      | 99,8007019      | 17,4585115        |
| 3T02532 | 1,2524944 | 1,2524944 | 0,7984068 | 0,7984068 | 13,7456944  | 13,7456944  | 37,2904647        | 200,7470213  | 99,8038512  | 17,1826351      | 99,8038512      | 17,1826351        |
| 3T04031 | 1,2521738 | 1,0428695 | 0,7986112 | 0,9588928 | 11,9552778  | 14,4643333  | 732,7307791       | 336,7189590  | 99,8294001  | 14,9445468      | 99,8876686      | 9,8402267         |
| 3T01330 | 1,2517061 | 1,2517061 | 0,7989096 | 0,7989096 | 9,3413889   | 9,3413889   | 97,7420506        | 287,9296873  | 99,8666999  | 11,6770875      | 99,8666999      | 11,6770875        |
| 3T01474 | 1,2509058 | 1,0424124 | 0,7994207 | 0,9591312 | 4,8638889   | 5,6313333   | 1801,0279840      | 521,1222938  | 99,9305931  | 6,0800441       | 99,9314651      | 6,0036529         |
| 3T01233 | 1,2506204 | 1,0421737 | 0,7996031 | 0,9595329 | 3,2656019   | 3,8387222   | 2682,5070530      | 730,1987761  | 99,9534004  | 4,0821252       | 99,9543517      | 3,9987893         |
| 3T01297 | 1,2504066 | 1,2504066 | 0,7997399 | 0,7997399 | 2,0678704   | 2,0678704   | 4236,2423319      | 1018,1856687 | 99,9704918  | 2,5849157       | 99,9704918      | 2,5849157         |
| 3T02278 | 1,0657315 | 1,0657315 | 0,9383227 | 0,9383227 | 189,6403333 | 189,6403333 | 46,1927051        | 18,3840210   | 97,7448863  | 197,5479584     | 97,7448863      | 197,5479584       |
| 3T02405 | 1,0580664 | 1,0580664 | 0,9451203 | 0,9451203 | 130,0933333 | 130,0933333 | 67,3362714        | 26,7372121   | 98,4529912  | 135,5179668     | 98,4529912      | 135,5179668       |
| 3T01970 | 1,0564983 | 1,0564983 | 0,9465231 | 0,9465231 | 117,8046667 | 117,8046667 | 74,3603819        | 29,5037316   | 98,5991223  | 122,7168872     | 98,5991223      | 122,7168872       |
| 3T02231 | 1,0538430 | 1,0538430 | 0,9480979 | 0,9480979 | 96,9133333  | 96,9133333  | 90,3903932        | 35,8013865   | 98,8475522  | 100,9544267     | 98,8475522      | 100,9544267       |
| 3T01820 | 1,0484611 | 1,0484611 | 0,9537789 | 0,9537789 | 54,2441667  | 54,2441667  | 161,4920191       | 63,4735029   | 99,3549539  | 56,5060406      | 99,3549539      | 56,5060406        |
| 3T01150 | 1,0479707 | 1,0479707 | 0,9542251 | 0,9542251 | 50,3350000  | 50,3350000  | 174,0339724       | 68,3107900   | 99,4014398  | 52,4338695      | 99,4014398      | 52,4338695        |
| 3T01252 | 1,0474216 | 0,9839319 | 0,9547254 | 1,1934144 | 45,9522778  | 57,3738066  | 190,6325524       | 74,776588    | 99,4535571  | 47,8663894      | 99,4541913      | 47,8123893        |
| 3T01255 |           |           |           |           |             |             |                   |              |             |                 |                 |                   |

| 3T      | Λo        | Λ         | MTTO      | MTTF      | MTTRS       | MTTR        | Tasa Restauración | μ            | Dígio Opera | Indisponi/Opera | Dígio/Inherente | Indisga/Inherente |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------------|--------------|-------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| 3T02525 | 0,8354420 | 0,6265751 | 1,1969711 | 1,5959780 | 26,2166667  | 34,8111111  | 334,1385887       | 160,3908132  | 99,7505950  | 21,8478797      | 99,7516256      | 21,7575992        |
| 3T01174 | 0,8352082 | 0,6263999 | 1,1973063 | 1,5964242 | 23,2809028  | 30,9023148  | 376,2740682       | 179,6797762  | 99,7785236  | 19,4013361      | 99,7795145      | 19,3145280        |
| 3T01134 | 0,8350597 | 0,8350597 | 1,1975192 | 1,1975192 | 21,4154167  | 21,4154167  | 409,0511119       | 193,6735041  | 99,7962703  | 17,8467176      | 99,7962703      | 17,8467176        |
| 3T02276 | 0,8350348 | 0,6262711 | 1,1975549 | 1,5967526 | 21,1025000  | 28,0255556  | 415,1166923       | 197,1274253  | 99,7992472  | 17,5894959      | 99,8000400      | 17,5164993        |
| 3T01351 | 0,8350091 | 0,6262464 | 1,1975918 | 1,5968157 | 20,7795833  | 27,4727778  | 421,5676445       | 200,8755309  | 99,8023192  | 17,3168405      | 99,8039840      | 17,1710028        |
| 3T02526 | 0,8349021 | 0,8349021 | 1,1977452 | 1,1977452 | 19,4361111  | 19,4361111  | 450,7074460       | 212,2496647  | 99,8150999  | 16,1972467      | 99,8150999      | 16,1972467        |
| 3T01789 | 0,8347675 | 0,8347675 | 1,1979384 | 1,1979384 | 17,7433333  | 17,7433333  | 493,7065565       | 231,2163478  | 99,8312037  | 14,7865561      | 99,8312037      | 14,7865561        |
| 3T01219 | 0,8344419 | 0,6258265 | 1,1984057 | 1,5978870 | 13,6495833  | 18,0883333  | 641,7778320       | 296,6230906  | 99,8701485  | 11,3749951      | 99,8709412      | 11,3055485        |
| 3T01326 | 0,8343934 | 0,8343934 | 1,1984754 | 1,1984754 | 13,0389583  | 13,0389583  | 671,8328087       | 307,6075514  | 99,8759575  | 10,8661256      | 99,8759575      | 10,8661256        |
| 3T02271 | 0,8343904 | 0,8343904 | 1,1984798 | 1,1984798 | 13,0005556  | 13,0005556  | 673,8173582       | 308,4394213  | 99,8763228  | 10,8341223      | 99,8763228      | 10,8341223        |
| 3T01824 | 0,8342466 | 0,8342466 | 1,1986863 | 1,1986863 | 11,915972   | 11,915972   | 782,7300988       | 353,4663599  | 99,8935318  | 9,3266117       | 99,8935318      | 9,3266117         |
| 3T02703 | 0,8341865 | 0,8341865 | 1,1987727 | 1,1987727 | 10,4350694  | 10,4350694  | 839,4769241       | 376,4492867  | 99,9007288  | 8,6961529       | 99,9007288      | 8,6961529         |
| 3T01888 | 0,8340923 | 0,6255506 | 1,1989080 | 1,5985548 | 9,2494444   | 12,2381481  | 947,0830989       | 422,0232546  | 99,9120080  | 7,7081023       | 99,9126818      | 7,6490728         |
| 3T00026 | 0,8340858 | 0,6255606 | 1,1989174 | 1,5985661 | 9,1670139   | 12,1393519  | 955,6001667       | 425,0579305  | 99,9127921  | 7,6394081       | 99,9133867      | 7,5873232         |
| 3T04687 | 0,8340239 | 0,6255142 | 1,1990064 | 1,5986847 | 8,3875000   | 11,1000000  | 1044,4113264      | 459,8442630  | 99,9202078  | 6,9897397       | 99,9208024      | 6,9377088         |
| 3T01876 | 0,8340092 | 0,6255017 | 1,1990276 | 1,5987168 | 8,2020139   | 10,8193519  | 1068,0303787      | 470,2357023  | 99,9219724  | 6,8352173       | 99,9228048      | 6,7622984         |
| 3T01236 | 0,8339482 | 0,6254540 | 1,1991152 | 1,5988362 | 7,4341667   | 9,7733333   | 1178,3432351      | 513,4840025  | 99,9292771  | 6,1953253       | 99,9302681      | 6,1085171         |
| 3T01151 | 0,8339398 | 0,8339398 | 1,1991273 | 1,1991273 | 7,3284722   | 7,3284722   | 1195,3378186      | 513,5759877  | 99,9302826  | 6,1072440       | 99,9302826      | 6,1072440         |
| 3T01842 | 0,8339124 | 0,6254293 | 1,1991667 | 1,5989016 | 6,9833333   | 9,2000000   | 1254,4152745      | 540,7431514  | 99,9335660  | 5,8196196       | 99,9345588      | 5,7501730         |
| 3T02193 | 0,8338836 | 0,6254085 | 1,1992081 | 1,5989549 | 6,6207639   | 8,7324077   | 1323,1101648      | 565,1688979  | 99,9370152  | 5,5714603       | 99,9376890      | 5,4584397         |
| 3T04061 | 0,8337652 | 0,8337652 | 1,1993784 | 1,1993784 | 5,1291667   | 5,1291667   | 1707,8797725      | 692,0381813  | 99,9512051  | 4,2744342       | 99,9512051      | 4,2744342         |
| 3T01127 | 0,8336453 | 0,6252293 | 1,1995509 | 1,5994133 | 3,6174306   | 4,7176852   | 2421,608392       | 924,3962519  | 99,9655866  | 3,0146162       | 99,9663397      | 2,9486240         |
| 3T01322 | 0,8335246 | 0,6251360 | 1,1997247 | 1,5996519 | 2,0956250   | 2,6275000   | 4180,1371906      | 1381,4468389 | 99,9800639  | 1,7464067       | 99,9812530      | 1,6422369         |
| 3T00443 | 0,8335195 | 0,8335195 | 1,1997319 | 1,1997319 | 2,0320139   | 2,0320139   | 4301,9941562      | 1355,2073371 | 99,9806690  | 1,6933599       | 99,9806690      | 1,6933599         |
| 3T01213 | 0,8334986 | 0,8334986 | 1,1997620 | 1,1997620 | 1,7681944   | 1,7681944   | 4954,2062680      | 1475,625172  | 99,9831788  | 1,4735397       | 99,9831788      | 1,4735397         |
| 3T00458 | 0,8334215 | 0,6250612 | 1,1998730 | 1,5998434 | 0,9756339   | 0,9499074   | 11008,2904267     | 2290,324850  | 99,9924297  | 0,6631565       | 99,9932225      | 0,5937100         |
| 3T02170 | 0,8334136 | 0,8334136 | 1,1998845 | 1,1998845 | 0,6958333   | 0,6958333   | 12589,2215569     | 2310,3736755 | 99,9933804  | 0,5798786       | 99,9933804      | 0,5798786         |
| 3T01211 | 0,8333941 | 0,4166855 | 1,1999125 | 2,3998916 | 0,4500000   | 0,3166667   | 19466,6666674     | 3224,6255998 | 99,9957190  | 0,3705113       | 99,9984937      | 0,3139484         |
| 3T03489 | 0,6517733 | 0,6517733 | 1,5342758 | 1,5342758 | 575,3222222 | 575,3222222 | 15,2265600        | 10,1226825   | 99,9951232  | 359,5872093     | 99,9951232      | 359,5872093       |
| 3T01202 | 0,6447534 | 0,6447534 | 1,5509805 | 1,5509805 | 428,9888889 | 428,9888889 | 20,4201093        | 13,5628225   | 99,9931995  | 268,1261238     | 99,9931995      | 268,1261238       |
| 3T01126 | 0,6361101 | 0,6361101 | 1,5720548 | 1,5720548 | 244,3777778 | 244,3777778 | 35,8463139        | 23,7419868   | 99,9853846  | 152,7407073     | 99,9853846      | 152,7407073       |
| 3T03067 | 0,6316741 | 0,6316741 | 1,5830949 | 1,5830949 | 147,6666667 | 147,6666667 | 59,3227991        | 39,1246218   | 99,9464105  | 92,2944439      | 99,9464105      | 92,2944439        |
| 3T02993 | 0,6316012 | 0,6316012 | 1,5832776 | 1,5832776 | 146,0666667 | 146,0666667 | 59,9726152        | 39,5485456   | 99,9578263  | 91,2944138      | 99,9578263      | 91,2944138        |
| 3T02502 | 0,6299811 | 0,6299811 | 1,5873491 | 1,5873491 | 110,3997222 | 110,3997222 | 79,3480089        | 52,1430089   | 99,9120027  | 69,0019027      | 99,9120027      | 69,0019027        |
| 3T03875 | 0,6299779 | 0,6299779 | 1,5873574 | 1,5873574 | 110,3277778 | 110,3277778 | 79,3997684        | 52,1765251   | 99,9128204  | 68,9569361      | 99,9128204      | 68,9569361        |
| 3T02261 | 0,6292659 | 0,6292659 | 1,5891534 | 1,5891534 | 94,5944444  | 94,5944444  | 92,6050682        | 60,7103971   | 99,9250764  | 59,1230669      | 99,9250764      | 59,1230669        |
| 3T01268 | 0,6284214 | 0,4169907 | 1,5912889 | 2,3981349 | 75,8871296  | 15,7056944  | 115,4354940       | 483,8276139  | 99,9455516  | 47,4038833      | 99,9252941      | 6,5442363         |
| 3T03743 | 0,6276550 | 0,4182284 | 1,5932319 | 2,3910379 | 58,8666667  | 77,8750000  | 148,8108720       | 109,1249814  | 99,9799912  | 36,7927738      | 99,9295788      | 32,4488931        |
| 3T03518 | 0,6267469 | 0,6267469 | 1,5955405 | 1,5955405 | 38,6437963  | 38,6437963  | 226,6858031       | 145,157079   | 99,9724797  | 24,1530995      | 99,9724797      | 24,1530995        |
| 3T02403 | 0,6266565 | 0,6266565 | 1,5957706 | 1,5957706 | 36,6277778  | 36,6277778  | 239,1627484       | 152,7686854  | 99,9738638  | 22,8930584      | 99,9738638      | 22,8930584        |
| 3T01717 | 0,6265283 | 0,4176822 | 1,5960972 | 2,3941648 | 33,7666667  | 50,4833333  | 259,4274432       | 165,6478783  | 99,9750776  | 21,1048017      | 99,9750776      | 21,1033552        |
| 3T03488 | 0,6263802 | 0,6263802 | 1,5964746 | 1,5964746 | 30,4611111  | 30,4611111  | 287,5779791       | 182,1524135  | 99,9782625  | 19,0387673      | 99,9782625      | 19,0387673        |
| 3T01189 | 0,6262560 | 0,4175007 | 1,5967391 | 2,3952056 | 27,6888889  | 41,3666667  | 316,3723917       | 200,1526532  | 99,9802421  | 17,3060763      | 99,9802421      | 17,2362698        |
| 3T03569 | 0,6258038 | 0,6258038 | 1,5979449 | 1,5979449 | 17,5811111  | 17,5811111  | 498,2620236       | 304,4669636  | 99,8745602  | 10,9885251      | 99,8745602      | 10,9885251        |
| 3T02329 | 0,6256781 | 0,6256781 | 1,5982660 | 1,5982660 | 14,7681481  | 14,7681481  | 593,1684807       | 356,7915640  | 99,8946305  | 9,2303703       | 99,8946305      | 9,2303703         |
| 3T02264 | 0,6255427 | 0,6255427 | 1,5986118 | 1,5986118 | 11,7387963  | 11,7387963  | 746,2436430       | 437,8221655  | 99,9162447  | 7,3369685       | 99,9162447      | 7,3369685         |
| 3T01356 | 0,6255416 | 0,4170256 | 1,5986146 | 2,3979342 | 11,7145370  | 17,4634722  | 747,888347        | 441,0121127  | 99,9164177  | 7,3218060       | 99,9169330      | 7,2766557         |
| 3T03568 | 0,6255077 | 0,6255077 | 1,5987012 | 1,5987012 | 10,9555556  | 10,9555556  | 799,5943205       | 465,1345270  | 99,9218330  | 6,8472483       | 99,9218330      | 6,8472483         |
| 3T01157 | 0,6254941 | 0,4169923 | 1,5987361 | 2,3981260 | 10,6500000  | 15,7833333  | 822,5352113       | 481,7617668  | 99,9240131  | 6,6545033       | 99,9240248      | 6,5765868         |
| 3T01360 | 0,6254793 | 0,6254793 | 1,5987739 | 1,5987739 | 10,3187963  | 10,3187963  | 848,9322275       | 499,9843445  | 99,9263762  | 6,4494418       | 99,9263762      | 6,4494418         |
| 3T00452 | 0,6254704 | 0,4169771 | 1,5987966 | 2,3982130 | 10,1199074  | 15,0215278  | 865,6025682       | 502,8282494  | 99,9277953  | 6,3251325       | 99,9285464      | 6,2591583         |
| 3T02640 | 0,6254670 | 0,4169760 | 1,5988054 | 2,3982195 | 10,0428704  | 14,9643056  | 872,2605866       | 504,4852733  | 99,9283449  | 6,2769829       | 99,9288206      | 6,2351149         |
| 3T03458 | 0,6254448 | 0,6254448 | 1,5988621 | 1,5988621 | 9,5465741   | 9,5465741   | 917,6066652       | 523,9300602  | 99,9318860  | 5,9667883       | 99,9318860      | 5,9667883         |
| 3T02159 | 0,6254318 | 0,6254318 | 1,5988954 | 1,5988954 | 9,2549074   | 9,2549074   | 956,2486667       | 538,0078967  | 99,9339670  | 5,784912        | 99,9339670      | 5,784912          |
| 3T01832 | 0,6254242 | 0,6254242 | 1,5989148 | 1,5989148 | 9,0848148   | 9,0848148   | 944,264022        | 546,5725346  | 99,9351806  | 5,6781801       | 99,9351806      | 5,6781801         |
| 3T01201 | 0,6254072 | 0,4169348 | 1,5989583 | 2,3984564 | 8,7037963   | 12,8890278  | 1006,4573781      | 572,9626178  | 99,9378991  | 5,4400364       | 99,9368919      | 5,3705898         |
| 3T02266 | 0,6254057 | 0,6254057 | 1,5989621 | 1,5989621 | 8,6703704   | 8,6703704   | 1010,3374626      | 568,6287024  | 99,9381376  | 5,4191446       | 99,9381376      | 5,4191446         |
| 3T01516 | 0,6253612 | 0,4169041 | 1,5990760 | 2,3986330 | 7,6725926   | 11,3422222  | 1141,7262020      | 637,4548737  | 99,9452567  | 4,7955147       | 99,9460495      | 4,7260681         |
| 3T01628 | 0,6253415 | 0,4168918 | 1,5991264 | 2,3987038 | 7,2313889   | 10,7220833  | 1211,3855491      | 667,5805960  | 99,9484046  | 4,5197541       | 99,9488992      | 4,4675692         |
| 3T03235 | 0,6253264 | 0,4168816 | 1,5991648 | 2,3987624 | 6,8944444   | 10,2083333  | 1270,5882353      | 694,7825652  | 99,9508087  | 4,3091574       | 99,9514429      | 4,2536002         |
| 3T01944 | 0,6252939 | 0,4167598 | 1,5993862 | 2,3994635 | 4,9555556   | 4,0666667   | 1767,7130045      | 1354,6543039 | 99,9646425  | 3,0973154       | 99,9606564      | 1,6944954         |
| 3T02475 | 0,6251915 | 0,4167900 | 1,5995098 | 2,3992899 | 3,8722222   | 54,5019444  | 2262,2466850      | 187,0471065  | 99,9723720  | 2,4202117       | 99,9728911      | 6,3351149         |
| 3T01217 | 0,6251734 | 0,4167798 | 1,5995561 | 2,3993484 | 3,4666667   | 5,0750000   | 2526,9230769      | 1171,9176769 | 99,9752566  | 2,1667319       | 99,9758602      | 2,1146470         |
| 3T01470 | 0,6251656 | 0,4167746 | 1,599576  |           |             |             |                   |              |             |                 |                 |                   |

| 3T      | λo        | λ         | MTTO      | MTTF      | MTTRS      | MTTR       | Tasa Restauración | μ            | Dispo Opera | Indispon/Opera | Dispo/Inherente | Indisgo/Inherente |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|-------------------|--------------|-------------|----------------|-----------------|-------------------|
| 3T01176 | 0,4177622 | 0,4177622 | 2,3937061 | 2,3937061 | 54,5019444 | 54,5019444 | 160,7282105       | 153,9492403  | 99,7407554  | 22,7098269     | 99,7407554      | 22,7098269        |
| 3T01226 | 0,4175617 | 0,4175617 | 2,3948555 | 2,3948555 | 44,4331944 | 44,4331944 | 197,1499036       | 187,0471065  | 99,7886485  | 18,5143881     | 99,7886485      | 18,5143881        |
| 3T02505 | 0,4175352 | 0,4175352 | 2,3950077 | 2,3950077 | 43,1000000 | 43,1000000 | 203,2482599       | 192,5277781  | 99,7949900  | 17,9588737     | 99,7949900      | 17,9588737        |
| 3T03465 | 0,4175126 | 0,4175126 | 2,3951371 | 2,3951371 | 41,9666667 | 41,9666667 | 208,7370929       | 197,4458511  | 99,8003809  | 17,4866373     | 99,8003809      | 17,4866373        |
| 3T02169 | 0,4174800 | 0,4174800 | 2,3953245 | 2,3953245 | 40,3250000 | 40,3250000 | 217,2349659       | 205,0325291  | 99,8081896  | 16,8025889     | 99,8081896      | 16,8025889        |
| 3T04695 | 0,4174471 | 0,4174471 | 2,3955128 | 2,3955128 | 38,6750000 | 38,6750000 | 226,5029089       | 213,2687864  | 99,8160380  | 16,1150683     | 99,8160380      | 16,1150683        |
| 3T04063 | 0,4174455 | 0,4174455 | 2,3955222 | 2,3955222 | 38,5929167 | 38,5929167 | 226,9846582       | 213,6958320  | 99,8164285  | 16,0808658     | 99,8164285      | 16,0808658        |
| 3T02408 | 0,4173407 | 0,4173407 | 2,3961236 | 2,3961236 | 33,3250000 | 33,3250000 | 262,8657164       | 245,2069338  | 99,8414859  | 13,8858345     | 99,8414859      | 13,8858345        |
| 3T02238 | 0,4172854 | 0,4172854 | 2,3964413 | 2,3964413 | 30,5416667 | 30,5416667 | 286,8212824       | 265,9251972  | 99,8547251  | 12,7260774     | 99,8547251      | 12,7260774        |
| 3T03459 | 0,4172684 | 0,4172684 | 2,3965388 | 2,3965388 | 29,6873611 | 29,6873611 | 295,0750647       | 273,0053022  | 99,8587887  | 12,3701060     | 99,8587887      | 12,3701060        |
| 3T03800 | 0,4172578 | 0,4172578 | 2,3966002 | 2,3966002 | 29,1500000 | 29,1500000 | 300,5145798       | 277,6551522  | 99,8613448  | 12,1461988     | 99,8613448      | 12,1461988        |
| 3T01257 | 0,4172389 | 0,4172389 | 2,3967084 | 2,3967084 | 28,2016667 | 28,2016667 | 310,6199397       | 286,2595939  | 99,8658556  | 11,7510480     | 99,8658556      | 11,7510480        |
| 3T01787 | 0,4172250 | 0,4172250 | 2,3967885 | 2,3967885 | 27,5000000 | 27,5000000 | 318,5454545       | 292,9772963  | 99,8691932  | 11,4586781     | 99,8691932      | 11,4586781        |
| 3T04068 | 0,4172173 | 0,2086072 | 2,3968326 | 2,3968326 | 27,1136111 | 53,9272222 | 323,0849614       | 298,3291637  | 99,8710311  | 11,2976779     | 99,8717446      | 11,2351760        |
| 3T01558 | 0,4172092 | 0,2086031 | 2,3968789 | 2,3979720 | 26,7083333 | 53,1166667 | 327,9871595       | 302,5043515  | 99,8729588  | 11,1288071     | 99,8736723      | 11,0663052        |
| 3T01807 | 0,4172016 | 0,4172016 | 2,3969230 | 2,3969230 | 26,3222222 | 26,3222222 | 332,7986492       | 304,9910957  | 99,8747954  | 10,9679226     | 99,8747954      | 10,9679226        |
| 3T01179 | 0,4171523 | 0,4171523 | 2,3972061 | 2,3972061 | 23,8416667 | 23,8416667 | 367,4239776       | 333,8211791  | 99,8865944  | 9,9343627      | 99,8865944      | 9,9343627         |
| 3T03066 | 0,4171145 | 0,4171145 | 2,3974234 | 2,3974234 | 21,9383333 | 21,9383333 | 399,3071072       | 359,9271106  | 99,8956479  | 9,1412473      | 99,8956479      | 9,1412473         |
| 3T01266 | 0,4170735 | 0,4170735 | 2,3976589 | 2,3976589 | 19,8750000 | 19,8750000 | 440,7547170       | 393,2672683  | 99,9054623  | 8,2814992      | 99,9054623      | 8,2814992         |
| 3T02496 | 0,4170326 | 0,2085140 | 2,3978939 | 2,3978939 | 17,8166667 | 35,1666667 | 491,6744621       | 438,3668887  | 99,9152530  | 7,4238345      | 99,9163629      | 7,3266094         |
| 3T03564 | 0,4170159 | 0,4170159 | 2,3979903 | 2,3979903 | 16,9720833 | 16,9720833 | 516,1417033       | 452,1987907  | 99,9192704  | 7,0719142      | 99,9192704      | 7,0719142         |
| 3T02112 | 0,4170151 | 0,4170151 | 2,3979948 | 2,3979948 | 16,9333333 | 16,9333333 | 517,3223846       | 453,1051408  | 99,9194547  | 7,0557679      | 99,9194547      | 7,0557679         |
| 3T01208 | 0,4169988 | 0,4169988 | 2,3980882 | 2,3980882 | 16,1151389 | 16,1151389 | 543,5882409       | 473,1281910  | 99,9233465  | 6,7148433      | 99,9233465      | 6,7148433         |
| 3T03255 | 0,4169805 | 0,4169805 | 2,3981936 | 2,3981936 | 15,1916667 | 15,1916667 | 576,6319254       | 497,9650950  | 99,9277391  | 6,3300516      | 99,9277391      | 6,3300516         |
| 3T01350 | 0,4169774 | 0,2084421 | 2,3982116 | 2,3982116 | 15,0333333 | 20,6666667 | 687,9620171       | 592,8249323  | 99,9284923  | 6,2640774      | 99,9284923      | 6,2640774         |
| 3T03072 | 0,4169719 | 0,4169719 | 2,3982430 | 2,3982430 | 14,5833333 | 14,5833333 | 695,5629588       | 510,5412455  | 99,9289003  | 6,1494906      | 99,9289003      | 6,1494906         |
| 3T03602 | 0,4169436 | 0,4169436 | 2,3984057 | 2,3984057 | 13,3333333 | 13,3333333 | 557,5000000       | 556,722168   | 99,9365785  | 5,5557227      | 99,9365785      | 5,5557227         |
| 3T04070 | 0,4169316 | 0,4169316 | 2,3984752 | 2,3984752 | 12,7250000 | 12,7250000 | 680,4086444       | 579,1763192  | 99,9394721  | 5,3022429      | 99,9394721      | 5,3022429         |
| 3T00449 | 0,4169309 | 0,4169309 | 2,3984787 | 2,3984787 | 12,6937500 | 12,6937500 | 690,1033973       | 580,3754477  | 99,9396208  | 5,2892217      | 99,9396208      | 5,2892217         |
| 3T00116 | 0,4169270 | 0,2084622 | 2,3985012 | 2,3985012 | 12,4968056 | 24,7269444 | 700,9791391       | 593,3592532  | 99,9405575  | 5,2071590      | 99,9411918      | 5,1561082         |
| 3T03525 | 0,4169183 | 0,4169183 | 2,3985515 | 2,3985515 | 12,0565278 | 12,0565278 | 726,5773498       | 605,9576612  | 99,9426518  | 5,0237044      | 99,9426518      | 5,0237044         |
| 3T03608 | 0,4169147 | 0,4169147 | 2,3985722 | 2,3985722 | 11,8750000 | 11,8750000 | 737,6842105       | 613,6633498  | 99,9435152  | 4,9408656      | 99,9435152      | 4,9408656         |
| 3T02205 | 0,4169069 | 0,2084516 | 2,3986169 | 2,3986169 | 11,4830556 | 22,5994444 | 762,8631559       | 639,4323941  | 99,9453796  | 4,7847505      | 99,9453796      | 4,7847505         |
| 3T01343 | 0,4169064 | 0,4169064 | 2,3986198 | 2,3986198 | 11,4583333 | 11,4583333 | 764,5090909       | 632,1139375  | 99,9454972  | 4,7744492      | 99,9454972      | 4,7744492         |
| 3T03292 | 0,4169053 | 0,2084514 | 2,3986264 | 2,3986264 | 11,4000000 | 22,5500000 | 768,4210526       | 640,5883922  | 99,9457746  | 4,7501429      | 99,9457746      | 4,7501429         |
| 3T02529 | 0,4168921 | 0,2084447 | 2,3987020 | 2,3987020 | 10,7805556 | 21,1927778 | 815,7901544       | 674,0371309  | 99,9489232  | 4,4743245      | 99,9489232      | 4,4743245         |
| 3T03771 | 0,4168878 | 0,4168878 | 2,3987267 | 2,3987267 | 10,5215278 | 10,5215278 | 832,5787077       | 677,9421993  | 99,9495532  | 4,3841018      | 99,9495532      | 4,3841018         |
| 3T01835 | 0,4168816 | 0,2084387 | 2,3987624 | 2,3987624 | 10,2083333 | 20,0000000 | 858,1224490       | 706,4557274  | 99,9514429  | 4,2536002      | 99,9514429      | 4,2536002         |
| 3T03601 | 0,4168769 | 0,4168769 | 2,3987898 | 2,3987898 | 9,9675000  | 9,9675000  | 876,17460815      | 708,2406184  | 99,9525825  | 4,1537708      | 99,9525825      | 4,1537708         |
| 3T00453 | 0,4168730 | 0,4168730 | 2,3988119 | 2,3988119 | 9,7750000  | 9,7750000  | 896,1368289       | 719,5114548  | 99,9535041  | 4,0730392      | 99,9535041      | 4,0730392         |
| 3T01161 | 0,4168507 | 0,2084237 | 2,3989403 | 2,3989403 | 8,6500000  | 16,9666667 | 1012,1767630      | 804,9058006  | 99,9588553  | 3,6042751      | 99,9596481      | 3,5348286         |
| 3T02488 | 0,4168459 | 0,2084216 | 2,3989679 | 2,3989679 | 8,4083333  | 16,5333333 | 1041,8235877      | 821,2555603  | 99,9600048  | 3,5035776      | 99,9606787      | 3,4445481         |
| 3T00499 | 0,4168403 | 0,2084185 | 2,3990005 | 2,3990005 | 8,1226389  | 15,9119444 | 1079,4672469      | 845,8946105  | 99,9613638  | 3,3845347      | 99,9621565      | 3,3150882         |
| 3T01245 | 0,4168338 | 0,4168338 | 2,3990377 | 2,3990377 | 7,7970833  | 11,2349031 | 1123,4970341      | 859,0752625  | 99,9629123  | 3,2488825      | 99,9629123      | 3,2488825         |
| 3T01817 | 0,4168084 | 0,4168084 | 2,3991839 | 2,3991839 | 6,5166667  | 6,5166667  | 1344,2455243      | 982,4378636  | 99,9690027  | 2,7153959      | 99,9690027      | 2,7153959         |
| 3T02495 | 0,4167990 | 0,4167990 | 2,3992381 | 2,3992381 | 6,0416667  | 6,0416667  | 1449,9310345      | 1037,7186507 | 99,9712621  | 2,5174369      | 99,9712621      | 2,5174369         |
| 3T03719 | 0,4167929 | 0,4167929 | 2,3992733 | 2,3992733 | 5,7333333  | 5,7333333  | 1527,9069767      | 1077,0587440 | 99,9727288  | 2,3898608      | 99,9727288      | 2,3898608         |
| 3T01184 | 0,4167924 | 0,4167924 | 2,3992761 | 2,3992761 | 5,7083333  | 5,7083333  | 1534,9585401      | 1080,3796124 | 99,9728477  | 2,3785438      | 99,9728477      | 2,3785438         |
| 3T03361 | 0,4167849 | 0,4167849 | 2,3993190 | 2,3993190 | 5,3333333  | 5,3333333  | 1642,5000000      | 1132,7691993 | 99,9746314  | 2,2222891      | 99,9746314      | 2,2222891         |
| 3T01262 | 0,4167798 | 0,2083877 | 2,3993484 | 2,3993484 | 5,0750000  | 9,7000000  | 1726,1083744      | 1208,2878981 | 99,9758602  | 2,1146470      | 99,9769304      | 2,0208941         |
| 3T00445 | 0,4167757 | 0,2083697 | 2,3993722 | 2,3993722 | 4,8666667  | 6,0666667  | 1800,0000000      | 1612,2913690 | 99,9768512  | 2,0278388      | 99,9855716      | 1,6392629         |
| 3T04545 | 0,4167580 | 0,4167580 | 2,3994741 | 2,3994741 | 3,9740278  | 3,9740278  | 2204,3127250      | 1374,3428110 | 99,9810971  | 1,6558947      | 99,9810971      | 1,6558947         |
| 3T01227 | 0,4167568 | 0,4167568 | 2,3994807 | 2,3994807 | 3,9166667  | 3,9166667  | 2236,5957447      | 1386,8232436 | 99,9813699  | 1,6319936      | 99,9813699      | 1,6319936         |
| 3T03516 | 0,4167492 | 0,4167492 | 2,3995244 | 2,3995244 | 3,5333333  | 3,5333333  | 2479,2452830      | 1476,4224650 | 99,9831933  | 1,4722665      | 99,9831933      | 1,4722665         |
| 3T01153 | 0,4167465 | 0,4167465 | 2,3995401 | 2,3995401 | 3,3958333  | 3,3958333  | 2579,6319019      | 1511,4494589 | 99,9838473  | 1,4149731      | 99,9838473      | 1,4149731         |
| 3T01788 | 0,4167403 | 0,4167403 | 2,3995757 | 2,3995757 | 3,0844444  | 3,0844444  | 2840,0576368      | 1597,2657653 | 99,9853285  | 1,2852239      | 99,9853285      | 1,2852239         |
| 3T02641 | 0,4167390 | 0,2083679 | 2,3995832 | 2,3995832 | 3,0188889  | 3,0188889  | 2900,1728444      | 1667,8883875 | 99,9856403  | 1,2579082      | 99,9856403      | 1,1884617         |
| 3T01503 | 0,4167390 | 0,4167390 | 2,3995833 | 2,3995833 | 3,0173639  | 3,0173639  | 2920,9183359      | 1616,9621038 | 99,9856463  | 1,2573874      | 99,9856463      | 1,2573874         |
| 3T03720 | 0,4167332 | 0,4167332 | 2,3996167 | 2,3996167 | 2,7250000  | 2,7250000  | 3214,6788991      | 1709,2923792 | 99,9870382  | 1,1354508      | 99,9870382      | 1,1354508         |
| 3T01785 | 0,4167296 | 0,2083636 | 2,3996376 | 2,3996376 | 2,5416667  | 4,8333333  | 3446,5573769      | 1818,7123901 | 99,9879103  | 1,0509596      | 99,9885409      | 1,0069747         |
| 3T02484 | 0,4167212 | 0,2083593 | 2,3996862 | 2,3996862 | 2,1994008  | 4,8333333  | 4138,5826772      | 1994,7197093 | 99,9899318  | 0,8819710      | 99,9905264      | 0,8298861         |
| 3T01167 | 0,4167197 | 0,2083574 | 2,3996947 | 2,3996947 | 2,0416667  | 3,6000000  | 4429,6122449      | 2085,7501502 | 99,9902886  | 0,8507200      | 99,9914381      | 0,7500226         |
| 3T01221 | 0,4167180 | 0,4167180 | 2,3997044 | 2,3997044 | 1,9655278  | 4,2565278  | 4297,3195144      | 2010,8089895 | 99,9906396  | 0,8152444      | 99,9906396      | 0,8152444         |
| 3T01210 | 0,4167142 | 0,2083540 | 2,3997261 | 2         |            |            |                   |              |             |                |                 |                   |

| 3T      | λo        | λ         | MTTO      | MTTF      | MTTRS       | MTTR        | Tasa Restauración | μ            | Dispo Opera | Indisponi/Opera | Dispo/Inherente | Indispo/Inherente |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------------|--------------|-------------|-----------------|-----------------|-------------------|
| 3T02410 | 0,2089624 | 0,2089624 | 4,7855500 | 4,7855500 | 125,3166667 | 125,3166667 | 69,9029126        | 134,6485419  | 99,7019586  | 26,1084245      | 99,7019586      | 26,1084245        |
| 3T03080 | 0,2088958 | 0,2088958 | 4,7870759 | 4,7870759 | 111,9500000 | 111,9500000 | 78,2492184        | 150,0644255  | 99,7337486  | 23,3236185      | 99,7337486      | 23,3236185        |
| 3T01916 | 0,2088490 | 0,2088490 | 4,7881489 | 4,7881489 | 102,5500000 | 102,5500000 | 85,4217455        | 163,2046909  | 99,7561047  | 21,3652262      | 99,7561047      | 21,3652262        |
| 3T02486 | 0,2088082 | 0,2088082 | 4,7890835 | 4,7890835 | 94,3636111  | 94,3636111  | 92,8323948        | 176,6779701  | 99,7755745  | 19,6596772      | 99,7755745      | 19,6596772        |
| 3T03595 | 0,2088033 | 0,2088033 | 4,7891973 | 4,7891973 | 93,3666667  | 93,3666667  | 93,8236344        | 178,4722490  | 99,7779455  | 19,4519742      | 99,7779455      | 19,4519742        |
| 3T02237 | 0,2087765 | 0,2087765 | 4,7898120 | 4,7898120 | 87,9813889  | 87,9813889  | 99,5665119        | 188,8312676  | 99,7907533  | 18,3300076      | 99,7907533      | 18,3300076        |
| 3T02412 | 0,2087484 | 0,2087484 | 4,7904549 | 4,7904549 | 82,3500000  | 82,3500000  | 106,3752277       | 201,0330354  | 99,8041465  | 17,1567663      | 99,8041465      | 17,1567663        |
| 3T01169 | 0,2087039 | 0,2087039 | 4,7914766 | 4,7914766 | 73,4000000  | 73,4000000  | 119,3460490       | 224,0413345  | 99,8254323  | 15,2921268      | 99,8254323      | 15,2921268        |
| 3T03742 | 0,2086966 | 0,2086966 | 4,7916459 | 4,7916459 | 71,9166667  | 71,9166667  | 121,8076477       | 228,3732303  | 99,8289602  | 14,9830897      | 99,8289602      | 14,9830897        |
| 3T03073 | 0,2086804 | 0,2086804 | 4,7920169 | 4,7920169 | 68,6666667  | 68,6666667  | 127,5728155       | 238,4759679  | 99,8366897  | 14,3059860      | 99,8366897      | 14,3059860        |
| 3T03382 | 0,2086573 | 0,2086573 | 4,7925475 | 4,7925475 | 64,0186111  | 64,0186111  | 136,8352085       | 254,5828300  | 99,8477442  | 13,3376120      | 99,8477442      | 13,3376120        |
| 3T03239 | 0,2086522 | 0,2086522 | 4,7926638 | 4,7926638 | 63,0000000  | 63,0000000  | 139,0476190       | 258,4076301  | 99,8501667  | 13,1253950      | 99,8501667      | 5,9283333         |
| 3T02851 | 0,2086133 | 0,2086133 | 4,7935580 | 4,7935580 | 55,1666667  | 55,1666667  | 158,7915408       | 292,1630161  | 99,8687968  | 11,4934014      | 99,8687968      | 5,9283333         |
| 3T01945 | 0,2085958 | 0,2085958 | 4,7939613 | 4,7939613 | 51,6333333  | 51,6333333  | 169,6578438       | 310,4556085  | 99,8772001  | 10,7572681      | 99,8772001      | 5,9283333         |
| 3T03741 | 0,2085714 | 0,2085714 | 4,7945207 | 4,7945207 | 46,7333333  | 46,7333333  | 187,4465050       | 339,9750797  | 99,8888538  | 9,7364041       | 99,8888538      | 5,9283333         |
| 3T03542 | 0,2085689 | 0,2085689 | 4,7945776 | 4,7945776 | 46,2352778  | 46,2352778  | 189,4657158       | 343,2929210  | 99,8900384  | 9,6326394       | 99,8900384      | 9,6326394         |
| 3T01361 | 0,2085554 | 0,2085554 | 4,7948898 | 4,7948898 | 43,5000000  | 43,5000000  | 201,3793103       | 362,7340040  | 99,8965437  | 9,0627727       | 99,8965437      | 9,0627727         |
| 3T00450 | 0,2085454 | 0,2085454 | 4,7951188 | 4,7951188 | 41,4936111  | 41,4936111  | 211,1168386       | 378,4551311  | 99,9013155  | 8,6447624       | 99,9013155      | 8,6447624         |
| 3T03492 | 0,2085136 | 0,2085136 | 4,7958512 | 4,7958512 | 35,0786111  | 35,0786111  | 249,7248244       | 439,3348456  | 99,9165723  | 7,3082639       | 99,9165723      | 7,3082639         |
| 3T03402 | 0,2084902 | 0,2084902 | 4,7963894 | 4,7963894 | 30,3636111  | 30,3636111  | 288,5032340       | 498,2443899  | 99,9277860  | 6,3259427       | 99,9277860      | 6,3259427         |
| 3T03526 | 0,2084852 | 0,2084852 | 4,7965029 | 4,7965029 | 29,3694444  | 29,3694444  | 298,2691762       | 512,7409691  | 99,9301505  | 6,1188184       | 99,9301505      | 6,1188184         |
| 3T03605 | 0,2084851 | 0,2084851 | 4,7965050 | 4,7965050 | 29,3511111  | 29,3511111  | 298,4554815       | 513,0162249  | 99,9301941  | 6,1149988       | 99,9301941      | 6,1149988         |
| 3T02274 | 0,2084807 | 0,2084807 | 4,7966059 | 4,7966059 | 28,4666667  | 28,4666667  | 307,7283372       | 526,6555933  | 99,9322976  | 5,9307340       | 99,9322976      | 5,9307340         |
| 3T03519 | 0,2084747 | 0,2084747 | 4,7967448 | 4,7967448 | 27,2500000  | 27,2500000  | 321,4678899       | 546,6483294  | 99,9351912  | 5,6772542       | 99,9351912      | 5,6772542         |
| 3T03775 | 0,2084707 | 0,2084707 | 4,7968381 | 4,7968381 | 26,4333333  | 26,4333333  | 331,3997478       | 560,9417616  | 99,9371334  | 5,5071102       | 99,9371334      | 5,5071102         |
| 3T04539 | 0,2084639 | 0,2084639 | 4,7969928 | 4,7969928 | 25,0775000  | 25,0775000  | 349,3171169       | 586,3972788  | 99,9403580  | 5,2246364       | 99,9403580      | 5,2246364         |
| 3T03539 | 0,2084621 | 0,2084621 | 4,7970340 | 4,7970340 | 24,7166667  | 24,7166667  | 354,4167229       | 593,5658634  | 99,9412162  | 5,1494605       | 99,9412162      | 5,1494605         |
| 3T04069 | 0,2084535 | 0,2084535 | 4,7972338 | 4,7972338 | 22,9666667  | 22,9666667  | 381,4223512       | 630,9756712  | 99,9453782  | 4,7848862       | 99,9453782      | 4,7848862         |
| 3T03566 | 0,2084457 | 0,2084457 | 4,7974126 | 4,7974126 | 21,4000000  | 21,4000000  | 409,3457944       | 668,7059766  | 99,9491043  | 4,4584675       | 99,9491043      | 4,4584675         |
| 3T03035 | 0,2084434 | 0,2084434 | 4,7974659 | 4,7974659 | 20,9333333  | 20,9333333  | 418,4713376       | 680,8328370  | 99,9502141  | 4,3612423       | 99,9502141      | 4,3612423         |
| 3T03887 | 0,2084326 | 0,2084326 | 4,7977137 | 4,7977137 | 18,7627778  | 18,7627778  | 466,8818287       | 743,5501689  | 99,9553764  | 3,9090297       | 99,9553764      | 3,9090297         |
| 3T03571 | 0,2084254 | 0,2084254 | 4,7978798 | 4,7978798 | 17,3075000  | 17,3075000  | 506,1389571       | 792,4964137  | 99,9588375  | 3,6058377       | 99,9588375      | 3,6058377         |
| 3T01483 | 0,2084222 | 0,2084222 | 4,7979530 | 4,7979530 | 16,6666667  | 16,6666667  | 525,6000000       | 816,1545598  | 99,9603616  | 3,4723267       | 99,9603616      | 3,4723267         |
| 3T03781 | 0,2084222 | 0,2084222 | 4,7979530 | 4,7979530 | 16,6666667  | 16,6666667  | 525,6000000       | 816,1545598  | 99,9603616  | 3,4723267       | 99,9603616      | 3,4723267         |
| 3T03885 | 0,2084115 | 0,2084115 | 4,7981999 | 4,7981999 | 14,5033333  | 14,5033333  | 603,9990807       | 907,6220564  | 99,9655066  | 3,0216187       | 99,9655066      | 3,0216187         |
| 3T02936 | 0,2084111 | 0,2084111 | 4,7982079 | 4,7982079 | 14,4333333  | 14,4333333  | 606,9284065       | 910,9253850  | 99,9656731  | 3,0070349       | 99,9656731      | 3,0070349         |
| 3T03025 | 0,2084106 | 0,2084106 | 4,7982212 | 4,7982212 | 14,3166667  | 14,3166667  | 611,8742724       | 916,4846927  | 99,9659506  | 2,9827286       | 99,9659506      | 2,9827286         |
| 3T01220 | 0,2083849 | 0,2083849 | 4,7988129 | 4,7988129 | 9,1333333   | 9,1333333   | 959,1240876       | 1257,4293029 | 99,9782781  | 1,9028350       | 99,9782781      | 1,9028350         |
| 3T02489 | 0,2083746 | 0,2083746 | 4,7990489 | 4,7990489 | 7,0666667   | 7,0666667   | 1239,6226415      | 1476,4224650 | 99,9831933  | 1,4722665       | 99,9831933      | 1,4722665         |
| 3T04027 | 0,2083708 | 0,2083708 | 4,7991372 | 4,7991372 | 6,2930556   | 6,2930556   | 1399,0105937      | 1579,3870351 | 99,9850332  | 1,3110927       | 99,9850332      | 1,3110927         |
| 3T01253 | 0,2083690 | 0,2083690 | 4,7991788 | 4,7991788 | 5,9283333   | 5,9283333   | 1477,6497048      | 1633,0808649 | 99,9859006  | 1,2351066       | 99,9859006      | 1,2351066         |
| 3T03532 | 0,2083685 | 0,2083685 | 4,7991897 | 4,7991897 | 5,8333333   | 5,8333333   | 1501,7142857      | 1647,6712840 | 99,9861265  | 1,2153143       | 99,9861265      | 1,2153143         |
| 3T02262 | 0,2083674 | 0,2083674 | 4,7992163 | 4,7992163 | 5,6000000   | 5,6000000   | 1564,2857143      | 1684,6387813 | 99,9866815  | 1,1667018       | 99,9866815      | 1,1667018         |
| 3T01791 | 0,2083602 | 0,2083602 | 4,7993818 | 4,7993818 | 4,1500000   | 4,1500000   | 2110,8433735      | 1957,5734914 | 99,9901300  | 0,8646094       | 99,9901300      | 0,8646094         |
| 3T04765 | 0,2083589 | 0,2083589 | 4,7994104 | 4,7994104 | 3,9000000   | 3,9000000   | 2246,1538462      | 2013,8265372 | 99,9907246  | 0,8125244       | 99,9907246      | 0,8125244         |
| 3T02848 | 0,2083575 | 0,2083575 | 4,7994434 | 4,7994434 | 3,6108333   | 3,6108333   | 2426,0327717      | 2083,0636132 | 99,9914123  | 0,7522796       | 99,9914123      | 0,7522796         |
| 3T03721 | 0,2083562 | 0,2083562 | 4,7994723 | 4,7994723 | 3,3575000   | 3,3575000   | 2609,0841400      | 2147,7548535 | 99,9920148  | 0,6995002       | 99,9920148      | 0,6995002         |
| 3T01505 | 0,2083544 | 0,2083544 | 4,7995151 | 4,7995151 | 2,9827778   | 2,9827778   | 2936,8597504      | 2251,1660559 | 99,9929060  | 0,6214307       | 99,9929060      | 0,6214307         |
| 3T03596 | 0,2083533 | 0,2083533 | 4,7995397 | 4,7995397 | 2,7666667   | 2,7666667   | 3166,2650601      | 2315,4627014 | 99,9934200  | 0,5764062       | 99,9934200      | 0,5764062         |
| 3T03248 | 0,2083531 | 0,2083531 | 4,7995451 | 4,7995451 | 2,7197222   | 2,7197222   | 3220,9171687      | 2329,9180489 | 99,9935317  | 0,5666258       | 99,9935317      | 0,5666258         |
| 3T03463 | 0,2083528 | 0,2083528 | 4,7995520 | 4,7995520 | 2,6594444   | 2,6594444   | 3293,9210361      | 2348,7458589 | 99,9936750  | 0,5540676       | 99,9936750      | 0,5540676         |
| 3T03876 | 0,2083527 | 0,2083527 | 4,7995531 | 4,7995531 | 2,6500000   | 2,6500000   | 3305,6603775      | 2351,7234468 | 99,9936975  | 0,5520999       | 99,9936975      | 0,5520999         |
| 3T02964 | 0,2083517 | 0,2083517 | 4,7995759 | 4,7995759 | 2,4500000   | 2,4500000   | 3575,5102041      | 1647,6712840 | 99,9941732  | 0,5104320       | 99,9888538      | 0,6041848         |
| 3T02847 | 0,2083514 | 0,2083514 | 4,7995829 | 4,7995829 | 2,3886111   | 2,3886111   | 3667,4031863      | 2437,2374244 | 99,9943192  | 0,4976423       | 99,9943192      | 0,4976423         |
| 3T03521 | 0,2083508 | 0,2083508 | 4,7995987 | 4,7995987 | 2,2500000   | 2,2500000   | 3893,3333333      | 2485,1572981 | 99,9946488  | 0,4687641       | 99,9946488      | 0,4687641         |
| 3T01577 | 0,2083504 | 0,2083504 | 4,7996063 | 4,7996063 | 2,1833333   | 2,1833333   | 4012,2137405      | 2508,8824408 | 99,9948074  | 0,4548748       | 99,9948074      | 0,4548748         |
| 3T00448 | 0,2083479 | 0,2083479 | 4,7996653 | 4,7996653 | 1,6666667   | 1,6666667   | 5255,9999999      | 2709,3388657 | 99,9960362  | 0,3472327       | 99,9960362      | 0,3472327         |
| 3T02482 | 0,2083465 | 0,2083465 | 4,7996957 | 4,7996957 | 1,4005556   | 1,4005556   | 6254,6608490      | 2825,6190869 | 99,9966691  | 0,2917912       | 99,9966691      | 0,2917912         |
| 3T00451 | 0,2083451 | 0,2083451 | 4,7997300 | 4,7997300 | 1,1000000   | 1,1000000   | 7963,6363642      | 2969,5642235 | 99,9973839  | 0,2291376       | 99,9973839      | 0,2291376         |
| 3T02509 | 0,2083437 | 0,2083437 | 4,7997601 | 4,7997601 | 0,8358333   | 0,8358333   | 10480,5583252     | 3108,7592530 | 99,9980121  | 0,1741372       | 99,9980121      | 0,1741372         |
| 3T02485 | 0,2083427 | 0,2083427 | 4,7997852 | 4,7997852 | 0,6166667   | 0,6166667   | 14205,4054074     | 3234,5477893 | 99,9985334  | 0,1284761       | 99,9985334      | 0,1284761         |
| 3T01128 | 0,2083421 | 0,2083550 | 4,7997985 | 4,7969928 | 0,5000000   | 125,3166667 | 17519,9999980     | 176,6779701  | 99,9988108  | 0,1041698       | 99,9412162      | 5,9283333         |

**Nota de anexo N:** Se evidencias los índices de confiabilidad estadísticos obtenidos para los transformadores correspondientes.

### Anexo O. Código de parámetros en software python

```
[1]: import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt

[2]: Datos=pd.read_excel("Datos Weibull.xlsx")
# Filtered T. medio entre fallas MTBF (h)
Datos = Datos[Datos['T. medio entre fallas MTBF (h)'] > 0]

# Sorted T. medio entre fallas MTBF (h) in ascending order
Datos = Datos.sort_values(by='T. medio entre fallas MTBF (h)', ascending=True, na_position='first')

[3]: n=np.arange(1,len(Datos['T. medio entre fallas MTBF (h)'])*1)
TBF=Datos['T. medio entre fallas MTBF (h)']
N=n[-1]
RM=(n-0.3)/(N+0.4)
RM_1=1/(1-RM)
y=np.log(np.log(RM_1))
x=np.log(TBF)

[4]: nDatos={"n":n,"TBF":TBF,"RM":RM,"RM_1":RM_1,"y":y,"x":x}
NuevoDataf=pd.DataFrame(nDatos)
# NuevoDataf.to_excel("tratamientoData.xlsx",index=False)

[5]: coeficientes = np.polyfit(x, y, 1)
print(coeficientes)
[ 1.29010974 -12.7375312 ]

[6]: def func(x,A,B):
return(B*x+A)
fmodelo=func(x,coeficientes[1],coeficientes[0])

[8]: b=coeficientes[0]
b=coeficientes[1]
n=np.exp(-b/B)
print("el valor de b es:",b)
print("el valor de n es:",n)
el valor de b es: 1.290109735053171
el valor de n es: 19403.627654838587

[7]: plt.plot(x,y,"o",label="experimento",color="blue")
plt.plot(x,fmodelo,label="modelo",color="red")
plt.legend()
plt.grid()
plt.show()
```

**Nota Anexo O:** Con el presente anexo se obtuvieron los parámetros de beta y eta.

### Anexo P. Código función de probabilidad software python

```
[19]: Pro=0.7
tiemPro=round(n*(np.log(1/Pro))**(1/B),5)
print("el tiempo medio para que tenga una probabilidad de fallo del {}, es de {} seg".format(Pro*100,tiemPro))
tiempoP=8760
prob=round((1-np.exp(-(tiempoP/n)**B))*100,3)
print("con un tiempo de {} seg tiene una probabilidad del {}, de fallar".format(tiempoP,prob))

el tiempo medio para que tenga una probabilidad de fallo del 70.0%, es de 8726.43687 seg
con un tiempo de 8760 seg tiene una probabilidad del 30.124%, de fallar
```

**Nota Anexo P:** Con el presente anexo se realizaron los cálculos de la función de probabilidad.