



FACULTAD DE POSTGRADO

TESIS DE POSTGRADO

**PREFACTIBILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA PARA NUEVO
SISTEMA DE MEDICIÓN ENERGÉTICO EN CEMENTOS DEL
NORTE S.A. PARA AÑO 2020 AL 2021**

SUSTENTADO POR:

JORGE ARMANDO AGUILAR PAREDES

VICTOR EDUARDO PEÑA CHAVARRÍA

PREVIA INVESTIDURA AL TÍTULO DE MÁSTER EN

FINANZAS

SAN PEDRO SULA, CORTÉS HONDURAS, C.A.

NOVIEMBRE, 2020

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA CENTROAMERICANA

UNITEC

FACULTAD DE POSTGRADO

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR

MARLON BREVÉ REYES

SECRETARIO GENERAL

ROGER MARTÍNEZ MIRALDA

VICERRECTORA ACADÉMICA

DESIREE TEJADA CALVO

VICEPRESIDENTE UNITEC, CAMPUS S.P.S

CARLA MARIA PANTOJA

**PREFACTIBILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA PARA NUEVO
SISTEMA DE MEDICIÓN ENERGÉTICO EN CEMENTOS DEL
NORTE S.A. PARA AÑO 2020 al 2021**

**TRABAJO PRESENTADO EN CUMPLIMIENTO DE LOS
REQUISITOS EXIGIDOS PARA OPTAR AL TÍTULO DE
MÁSTER EN FINANZAS**

ASESOR METODOLÓGICO

LISETTE MARLENY CARCAMO SAUCEDA

ASESOR TEMÁTICO

DIANA IVETTE BRIZUELA MARTÍNEZ

MIEMBROS DE LA TERNA

ABEL SALAZAR

DIANA REYES

RICARDO YONES



FACULTAD DE POSTGRADO

PREFACTIBILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA PARA NUEVO SISTEMA DE MEDICIÓN ENERGÉTICO Y EN CEMENTOS DEL NORTE S.A. PARA AÑO 2020 AL 2021.

NOMBRE DE LOS MAESTRANTES:

JORGE ARMANDO AGUILAR PAREDES

VICTOR EDUARDO PEÑA CHAVARRÍA

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el propósito de presentar los resultados de la prefactibilidad de la instalación de un nuevo sistema de medición de energía en Cementos del Norte S.A. El estudio se realiza como mejora ya que el sistema medición actual es un poco obsoleto y no toma la medición completa de la planta. Se estableció como objetivo principal determinar si es factible técnica y financieramente la instalación de un nuevo sistema de medición energético para Cementos del Norte S.A. La hipótesis es: La instalación de un nuevo sistema medición energética es factible si la TIR es mayor que la TIR mínima del 11% aceptable por Cementos del Norte S.A. para sus proyectos. La metodología utilizada es método cuantitativo, con un tipo estudio no experimental, transeccional, descriptivo, con el estudio técnico y financiero. Las técnicas entrevistas y métodos financieros. Se rechaza la hipótesis nula ya que según el análisis técnico y el análisis de los indicadores financieros donde la TIR nos da 17%, el VAN \$40,185.43 y el IR 1.17.

Palabras Claves: Sistema de Medición, Prefactibilidad, Estudio Técnico, Estudio Financiero.



FACULTY OF POSTGRADUATE

**TECHNICAL AND FINANCIAL PRE-FEASIBILITY FOR THE NEW
SYSTEM OF ENERGY MEASUREMENT AND CONTROL OF
ELECTRICAL ENERGY IN CEMENTOS DEL NORTE S.A. FOR YEAR
2020 TO 2021.**

BY:

JORGE ARMANDO AGUILAR PAREDES

VICTOR EDUARDO PEÑA CHAVARRÍA

ABSTRACT

This research was carried out with the purpose of presenting the results of the pre-feasibility of the installation of a new energy measurement system in Cementos del Norte S.A. The study is carried out as an improvement since the current measurement system is a bit obsolete and does not take the complete measurement of the plant. The main objective was to determine if the installation of a new energy measurement system for Cementos del Norte S.A. is technically and financially feasible. The hypothesis is: The installation of a new energy measurement system is feasible if the IRR is greater than the minimum IRR of 11% acceptable by Cementos del Norte S.A. for your projects. The methodology used is a quantitative method, with a non-experimental, transectional, descriptive study type, with a technical and financial study. The null hypothesis is rejected since according to the technical analysis and the analysis of the financial indicators where the IRR gives us 17%, the NPV \$ 40,185.43 and the IR 1.17.

Keywords: Measurement System, Pre-feasibility, Technical Study, Financial Study.

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a todas aquellas personas que estuvieron para mí a lo largo de los dos años de maestría; a aquellas personas que me ayudaron ya sea mediante un apoyo motivacional o hasta educacional. A mis padres, quienes me formaron para ser la persona que soy actualmente. A mi hermano que me ha enseñado en gran medida y siempre puedo contar con él. A mis amigos que siempre fueron una voz de apoyo y fortaleza para seguir adelante. Y por último a los “Exiliados”, grupo de personas pertenecientes a otros países y cultura que he conocido a lo largo de los años únicamente de manera virtual, pero los considero mis amigos.

Victor Eduardo Peña Chavarría

Esto va dedicado a Dios, mis padres, mis hermanos, al resto de mi familia y amigos que han sido mi motivo de inspiración dándome siempre todo su apoyo, permitiéndome saber que, en medio de tantas pruebas, todo se puede lograr con esfuerzo y determinación. Con mucho amor para mis queridos sobrinos, para que con este trabajo les sirva de ejemplo, de cuando se quiere se puede lograr todas las cosas que nos proponemos sin pensar en los obstáculos.

Jorge Aguilar

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a mis padres, ya que sin los sacrificios que hicieron a lo largo de sus vidas, nunca hubiese llegado a donde estoy actualmente.

A mi hermano por ser de mucho apoyo a lo largo de la maestría y de mi vida.

A los compañeros que conocí a lo largo del postgrado, especialmente a Mario Montalván a quien conocí en mi primera clase, pero se convirtió en uno de mis mejores amigos.

A Cementos del Norte S.A. tanto la empresa como mis jefes dentro de ella por haberme apoyado en proyectos propuestos tanto para las clases como para la tesis en sí.

Victor Eduardo Peña Chavarría

A Dios porque siempre ha sido alguien que ha estado conmigo en mis peores y mejores momentos de mi vida y además que es mi guía espiritual que me ha permitido tomar el camino del bien.

A mis padres por todo lo que me han enseñado para ser una mejor persona y además porque nada de esto sería posible sin el trabajo duro que ellos han hecho por sus hijos durante años.

A mis hermanos porque siempre están ahí alentándome y apoyándome para nunca darme por vencido y así poder conseguir todo lo que me proponga en mi vida.

A nuestros maestros y asesores que nos han inspirado y orientando en el desarrollo de esta investigación.

A mis compañeros Victor, Carlos y en especial a Mario Montalván porque más que un compañero han sido un gran amigo con el que he podido contar cuando más lo necesitaba.

Jorge Aguilar

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 1 |
| 1.1 INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1.2 ANTECEDENTES..... | 1 |
| 1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA | 3 |
| 1.3.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA..... | 3 |
| 1.3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA | 3 |
| 1.3.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN | 3 |
| 1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO..... | 3 |
| 1.4.1 OBJETIVO GENERAL | 3 |
| 1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 4 |
| 1.5 JUSTIFICACIÓN..... | 4 |
| 1.6 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN..... | 5 |
| CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO..... | 6 |
| 2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL | 6 |
| 2.1.1. ANÁLISIS MACROENTORNO | 6 |
| 2.1.2 ANÁLISIS MICROENTORNO..... | 8 |
| 2.1.3 ANÁLISIS INTERNO | 11 |
| 2.2 TEORIA DE SUSTENTO | 13 |
| 2.2.1 EFICIENCIA ENERGÉTICA..... | 13 |
| 2.2.2. IMPLEMENTACIÓN DE GESTIÓN ENERGÉTICA..... | 14 |
| 2.2.3. SISTEMAS ELÉCTRICOS INDUSTRIALES | 18 |
| 2.2.4. CORRECCIÓN DE FACTOR DE POTENCIA | 20 |
| 2.3 CONCEPTUALIZACIONES | 25 |
| 2.3.1 AHORRO | 25 |

| | | |
|--------------------------------|---|----|
| 2.3.2 | CAPACIDAD..... | 25 |
| 2.3.3 | CENTRO DE COSTOS..... | 25 |
| 2.3.2 | CONSUMO DE ENERGÍA | 25 |
| 2.3.3 | DESBALANCE ENTRE FASES O VOLTAJES | 25 |
| 2.3.4 | EFICIENCIA ENERGÉTICA..... | 25 |
| 2.3.5 | EQUIPO..... | 26 |
| 2.3.6 | FACTOR DE POTENCIA | 26 |
| 2.3.7 | FLUJO DE EFECTIVO..... | 26 |
| 2.3.8 | GESTION ENERGÉTICA | 26 |
| 2.3.9 | INVERSIÓN..... | 26 |
| 2.3.10 | KPI..... | 27 |
| 2.3.11 | LOCALIZACIÓN..... | 27 |
| 2.3.12 | MEDIDOR DE ENERGÍA..... | 27 |
| 2.3.13 | POTENCIA ACTIVA..... | 27 |
| 2.3.14 | POTENCIA APARENTE..... | 27 |
| 2.3.15 | POTENCIA REACTIVA | 28 |
| 2.4 | METODOLOGIAS Y/O INSTRUMENTOS | 28 |
| 2.4.1 | ESTUDIO TÉCNICO..... | 28 |
| 2.4.2 | ESTUDIO FINANCIERO..... | 29 |
| 2.5. | MARCO LEGAL | 32 |
| CAPÍTULO III. METODOLOGÍA..... | | 35 |
| 3.1. | CONGRUENCIA METODOLÓGICA..... | 35 |
| 3.1.3. | MATRIZ METODOLÓGICA..... | 35 |
| 3.1.3. | OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES | 37 |
| 3.1.3. | HIPÓTESIS | 43 |

| | | |
|--|--|----|
| 3.2. | ENFOQUE Y METODOS | 43 |
| 3.3. | DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | 45 |
| 3.4. | TÉCNICAS E INSTRUMENTOS | 46 |
| 3.4.3. | INSTRUMENTOS..... | 46 |
| 3.4.3. | TÉCNICAS..... | 46 |
| 3.5. | FUENTES DE INFORMACIÓN..... | 47 |
| 3.5.3. | FUENTES PRIMARIAS | 47 |
| 3.5.3. | FUENTES SECUNDARIAS..... | 47 |
| CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANALISIS | | 48 |
| 4.1. | ESTUDIO TÉCNICO | 48 |
| 4.1.1. | TAMAÑO DEL PROYECTO | 48 |
| 4.1.2. | LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO..... | 50 |
| 4.1.3. | INGENIERIA DEL PROYECTO | 51 |
| 4.2. | ESTUDIO FINANCIERO..... | 60 |
| 4.2.1. | INVERSIÓN INICIAL | 60 |
| 4.2.2. | DEPRECIACIÓN DE ACTIVOS FIJOS | 61 |
| 4.2.3. | AMORTIZACIÓN..... | 62 |
| 4.2.4. | COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO | 62 |
| 4.2.5. | AHORRO GENERADO..... | 63 |
| 4.2.6. | TASA MÍNIMA DE RENDIMIENTO ACEPTABLE | 69 |
| 4.2.7. | INDICADORES FINANCIEROS | 70 |
| 4.2.8. | ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD | 71 |
| 4.2.9. | PORCENTAJE DE AHORRO | 72 |
| 4.2.10. | COMPROBACIÓN DE HIPOTESIS | 73 |
| CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | | 74 |

| | |
|----------------------------|----|
| 5.1. CONCLUSIONES | 74 |
| 5.2. RECOMENDACIONES | 75 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 76 |
| ANEXOS..... | 80 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Puntos de medición actuales | 2 |
| Tabla 2 Empresas que han implementado SIMATIC Energy Manager Pro. | 8 |
| Tabla 3 Fases y elementos para implementar un sistema de gestión energético | 16 |
| Tabla 4 Matriz de congruencia metodológica | 36 |
| Tabla 5 Operacionalización de variables independientes | 40 |
| Tabla 6 Diseño de investigación | 45 |
| Tabla 7 Nuevos puntos de medición a instalar | 49 |
| Tabla 8 Puntos de instalación fibra óptica para red de medición. | 49 |
| Tabla 9 Materiales para la instalación de red de comunicación. | 51 |
| Tabla 10 Hardware para el sistema de medición | 57 |
| Tabla 11 Transformadores para sistema de medición | 58 |
| Tabla 12 Software para el sistema de medición | 59 |
| Tabla 13 Inversión inicial según tipo | 61 |
| Tabla 14 Depreciación de Activos Fijos | 61 |
| Tabla 15 Amortización de Activos | 62 |
| Tabla 16 Historial de consumo en kWh | 64 |
| Tabla 17 Promedio de Consumo en kWh | 64 |
| Tabla 18 Cambio del Consumo kWh 2016-2020 | 65 |
| Tabla 19 Promedio del Cambio del Consumo en kWh anual | 65 |
| Tabla 20 Promedio del Cambio del Consumo en kWh Proyectado Anualmente | 66 |
| Tabla 21 Consumo en kWh Proyectado Anualmente | 67 |
| Tabla 22 Historial de Inflación Anual de USA | 67 |
| Tabla 23 Inflación Proyectada Anualmente | 68 |
| Tabla 24 Tarifa Anual Proyectada | 69 |
| Tabla 25 Penalización con un Factor de Potencia de 0.84 | 69 |
| Tabla 26 Flujo de Efectivo Operativo | 70 |
| Tabla 27 Indicadores Financieros | 71 |
| Tabla 28 Análisis de Sensibilidad | 72 |
| Tabla 29 Porcentaje de Ahorro | 72 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 Empresas certificadas en ISO 50001 en Alemania..... | 8 |
| Figura 2 Causas que caracterizan el bajo nivel de la Gestión Energética | 9 |
| Figura 3 Diez Primeros países certificados en ISO 50001 Ibero América..... | 10 |
| Figura 4 Porcentaje de perdidas en la eficiencia de motores eléctricos. | 20 |
| Figura 5 Diagrama de variables dependientes e independientes | 38 |
| Figura 6 Diagrama de variables y dimensiones..... | 39 |
| Figura 7 Diseño de investigación | 45 |
| Figura 8 Regresión Lineal del Cambio del Consumo en kWh..... | 66 |
| Figura 9 Regresión Lineal de la Inflación Anual de USA | 68 |
| Figura 10 Diseño propuesto para instalación de sistema de medición..... | 80 |

CAPÍTULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 INTRODUCCIÓN

La eficiencia energética es uno de los métodos más importantes de ahorro económico a nivel mundial siendo de gran importancia tanto para el sector industrial como el residencial. A pesar de su rentabilidad, la inversión en este tipo de proyectos tiene poca prioridad e importancia para los inversionistas debido al pensamiento erróneo que el ahorro energético consiste únicamente en apagar un equipo que no se está utilizando cuando en sí para alcanzar la eficiencia máxima existe toda una ciencia que da las pautas para lograr este estado.

En Cementos del Norte S.A. existe el constante deseo de crecer, implementar mejoras y ahorros de costos; es con este pensamiento que nace la idea de llevar a la empresa a un estado de la mayor eficiencia energética posible. Esto no se logra con el simple hecho de pensarlo o decirlo, sino que conlleva una serie de implementaciones, técnicas, mejoras y lo más importante inversión en nuevas tecnologías.

Como primer paso para dicho proceso se determinó que es necesario la implementación de una nueva red de medición energética para el año 2020 que abarcará todas las áreas y procesos de la planta. Todo proyecto dentro de Cementos del Norte S.A. requiere de un análisis técnico y financiero para determinar su viabilidad, es de aquí donde surge la necesidad de realizar este estudio demostrando su prefactibilidad abarcando desde las razones del por qué otras empresas a nivel mundial ya cuentan con este sistema, las ventajas que trae consigo hasta el análisis financiero que este conlleva.

1.2 ANTECEDENTES

La electricidad es una de las formas de energía de mayor uso, de tal forma que su costo grava sobre todos y cada uno de los sectores de la industria, servicios y a la propia economía doméstica. A partir de este hecho, es fácil deducir que cualquier acción que tienda a mejorar la “Eficiencia energética” de nuestras cargas y medios de distribución y todo lo que represente un “Uso Racional

de la Energía”, tendrá unas repercusiones importantes sobre la economía de todos y cada uno de los sectores implicados (Balcells, et al., 2010).

En casi todas las empresas y en especial en aquellas en que los costos energéticos supongan un importante porcentaje de los costos de producción, cabe la posibilidad de implementar un sistema de gestión energética que lleve a una optimización del uso de la energía, justificado por su rentabilidad en la disminución de costos energéticos (Aranda Usón, Barrio Moreno, Zabalsa Bribián, & Díaz de Garaio, 2010).

Con estas afirmaciones, estos autores hacen énfasis en la importancia que una empresa pueda tener una buena gestión energética, ya que como bien dicen esto les ayudara a tener una optimización del uso de su energía y al mismo tiempo reduciría sus costos energéticos. Para mejorar su gestión energética, Cementos del Norte S.A., decidió instalar en el 2008 un sistema de medición de energía eléctrica, con el cual median áreas importantes de la planta. Debido al crecimiento que ha existido, se han instalado nuevos equipos, nuevas tecnologías y hasta nuevas áreas de producción y personal. Este sistema ya es antiguo y no alcanza a medir el consumo de energía en todas las áreas de la planta debido a que no existen repuestos o un tipo de upgrade en el mercado como para seguir operando con él, por lo cual se ha visto la necesidad de instalar un nuevo sistema con el que se podrán incluir en la medición estas áreas además de otros tipos de energía no únicamente energía eléctrica. En resumen, lo que se intenta realizar es suplir una necesidad de mejor que se tiene actualmente.

Tabla 1 Puntos de medición actuales

| Item | Áreas de Medición Actuales |
|------|-------------------------------------|
| 1 | Molino de Crudo 2 |
| 2 | Precalentador y Horno 2 |
| 3 | Enfriador y Transporte de Clinker 2 |
| 4 | Molino de Cemento 2 |
| 5 | Servicios Generales |
| 6 | Molino de Carbón 2 |
| 7 | Alimentación Principal Bus A |
| 8 | Alimentación Principal Bus B |
| 9 | Transformadores Alta Tensión |

Fuente: Propia

1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.3.1 ENUNCIADO DEL PROBLEMA

En la actualidad, Cementos del Norte S.A. cuenta con una división por centro de costos para facilitar la medición de costos administrativos, de producción o de ventas. Tomando esta misma lógica, el sistema de medición de energía debería dividirse mediante centro de costos, pero solo se obtiene un 70% de las mediciones por áreas de toda la planta.

1.3.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Es factible técnica y financieramente la instalación de un nuevo sistema de medición energético para Cementos del Norte S.A. en el año 2021?

1.3.3 PREGUNTAS DE INVESTIGACIÓN

- 1.3.3.1. ¿Es factible técnicamente la instalación de un nuevo sistema de medición energético para Cementos del Norte S.A. en el año 2021?
- 1.3.3.2. ¿Es factible financieramente la instalación de un nuevo sistema de medición energético para Cementos del Norte S.A. en el año 2021?
- 1.3.3.3. ¿En qué consiste la gestión energética que se llevará a cabo con la instalación de un nuevo sistema de medición energético para Cementos del Norte en el año 2020?

1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar si es factible técnica y financieramente la instalación de un nuevo sistema de medición energético para Cementos del Norte S.A. en el año 2021.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- 1.4.2.1. Determinar si es factible técnicamente la instalación de un nuevo sistema de medición energético para Cementos del Norte S.A. en el año 2021.
- 1.4.2.2. Evaluar si es factible financieramente la instalación de un nuevo sistema de medición energético para Cementos del Norte S.A. en el año 2021.
- 1.4.2.3. Seleccionar cuales son las mejores prácticas de gestión energética que se llevarán a cabo con la instalación de un nuevo sistema de medición energético para Cementos del Norte en el año 2021.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Monteagudo Yanes & Gaitan R. (2005) afirman que:

En la actualidad las empresas han visto como los energéticos han pasado de ser un factor marginal en su estructura de costos a constituir un rubro importante en los mismos, a la vez que, la necesidad de lograr un mayor equilibrio entre economía y medio ambiente, han convertido al ahorro y uso eficiente de la energía en una herramienta fundamental para lograr este objetivo, manteniendo el nivel de rentabilidad empresarial. (pág. 169)

Hoy en día las empresas buscan la manera de hacer un uso más eficiente de la energía para poder disminuir sus costos. Aller, et al (2010) afirman: “Utilizar eficientemente la energía significa evitar desperdiciarla y realizar las actividades con el mínimo de energía posible, aumentando la productividad y competitividad de la empresa” (p. 1).

La instalación de un sistema de medición energético y control de energía eléctrica contribuirá a Cementos del Norte S.A. de la siguiente manera:

1. Identificar los equipos catalogados como “grandes consumidores” en la planta.
2. Lectura de consumo energético por centro de costo e implementación en software ERP SAP.
3. Determinar la eficiencia con la que se utiliza la energía eléctrica.
4. Definir línea base de consumo energético y producción.
5. Línea base para certificación de ISO 50001.

Cabe aclarar que con el montaje de esta red de medición todos los puntos mencionados anteriormente no se llevaran a cabo inmediatamente, sino que la red misma ayudará a una toma de datos más acertada de los equipos y así se tomarán las decisiones necesarias para optimizar la planta.

1.6 VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

Como en todo proyecto, el análisis de la viabilidad es de suma importancia para considerar si el estudio cuenta con los medios necesarios para poder llevarse a cabo. Tomando esto en cuenta, se determinó que es realizable debido a que se requiere datos energéticos de la planta y costos de la mejora a considerar como ser mano de obra, instalación, técnicos especializados, etc. Todo esto será proporcionado por Cementos del Norte S.A. siempre y cuando se mantenga un margen de confidencialidad con respecto a dichos datos.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

2.1.1. ANÁLISIS MACROENTORNO

2.1.1.1 GESTIÓN ENERGÉTICA

Las empresas a nivel mundial siempre intentan reducir sus costos de producción sin sacrificar la calidad de su producto; las nuevas tecnologías y las necesidades del mercado obligan a las empresas a ser innovadoras tanto en maneras de cómo mejorar su producción, la calidad del producto o en la creación de ahorro de los distintos procesos. Estos esfuerzos de mejora se deben de ejecutar sin perder la orientación de la misión y visión de la empresa, de igual manera se deben de considerar las metas establecidas por cada departamento, los proyectos presupuestados y hasta el cumplimiento de indicadores de gestión (Rosero G., Téllez G., & Prias, 2013).

Una de estas maneras innovadoras es la gestión eficiente de la energía que se utiliza en la industria. La gestión energética puede concebirse como un esfuerzo organizado y estructurado para conseguir la máxima eficiencia en el suministro, conversión y utilización de los recursos energéticos. Morvay & Gvozdenac (2008) definen la gestión energética como la encargada en el: “uso eficiente de la energía, el agua y otros recursos materiales, minimización de residuos en las operaciones de fabricación y mejora continua del rendimiento de uso de recursos en una empresa.” (pág. 34) Esto hace comprender que en cuanto a energía, no solo se refiere a la energía eléctrica, sino a toda aquella energía, ya sea térmica, hidráulica, eólica que se utilizan en la fabricación de un producto.

2.1.1.2. ESTANDARES DE GESTIÓN ENERGÉTICA

Para hablar de estándares de gestión energética primero se debe de definir lo que es un estándar de gestión, y que mejor ejemplo que las normas ISO. Estas son definidas por Núñez (2007) como una:

Especificación técnica u otro documento accesible al público establecido con la cooperación y el consenso o la aprobación general de todas las partes interesadas, basada sobre resultados conjugados de la ciencia, la tecnología y la experiencia, que contempla ventajas para el conjunto de la comunidad y aprobada por un organismo cualificado a nivel nacional, regional o internacional. (pág. 22)

Núñez hace mención a un organismo cualificado internacionalmente, este es la Organización Internacional de Normalización los cuales se encargan de establecer una serie de normas, documentación y pasos necesarios que definen a las empresas lo que se debe de realizar para instaurar uno de sus estándares de gestión. Para llevar a cabo la implementación se debe de realizar un proceso de certificación, el cual consiste en la aprobación de un organismo auditor externo, este se encarga de revisar, verificar y certificar la correcta aplicación de la norma Núñez (2007). Existen una gran cantidad de normas ISO con objetivos, pasos y documentación distintas unas de otra; dentro de este mundo de normas de estandarización tenemos la ISO 50001. ISO (2011) menciona que la ISO 50001:

Especifica los requisitos para establecer, implementar, mantener y mejorar un sistema de gestión de la energía, cuyo propósito es permitir que una organización siga un enfoque sistemático para lograr una mejora continua del rendimiento energético, incluida la eficiencia energética, el uso de energía y consumo. (pág. 1)

Esta norma fue creada en el 2011 y desde entonces muchas empresas la han implementado como podemos ver en la **Figura 1**. uno de los requerimientos de la norma es el establecimiento, implementación y documentación de un sistema de gestión energético que sea avalado por estándares internacionales (ISO, 2011), podemos entender que desde entonces ha existido un incremento mundial en la implementación de sistemas de gestión energético a lo largo del mundo.

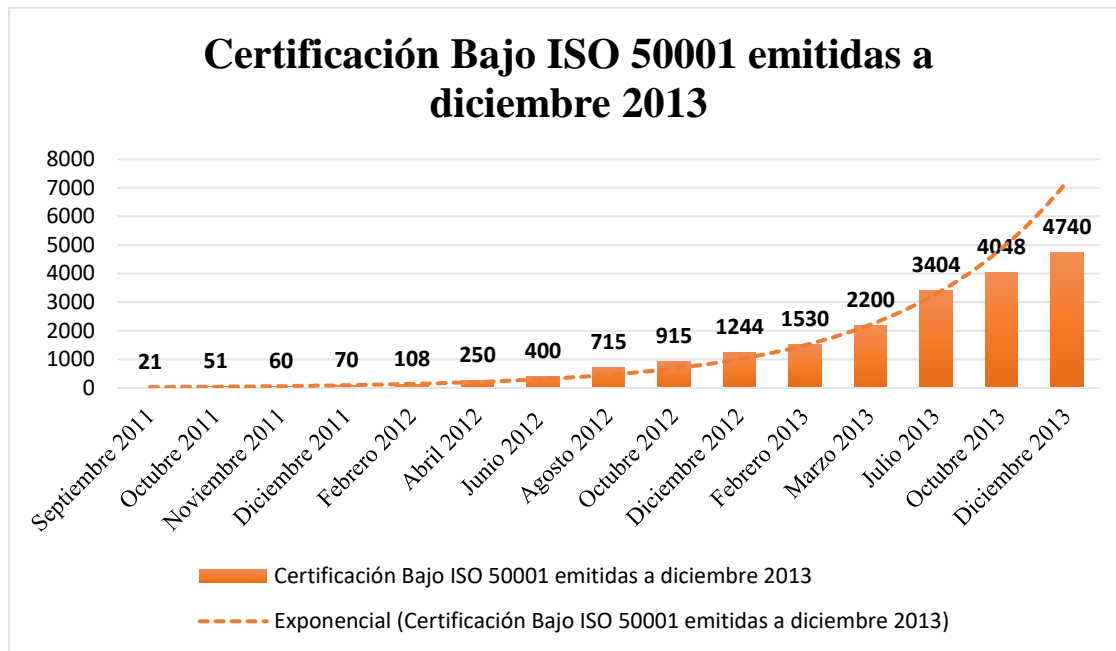


Figura 1 Empresas certificadas en ISO 50001 en Alemania.
Fuente: (Laiton Romero, 2013)

A lo largo del mundo, muchas empresas han implementado un sistema de gestión energético para la ejecución de la ISO 50001 o como método para mejorar su eficiencia energética. Algunas de ellas son las siguientes:

Tabla 2 Empresas que han implementado SIMATIC Energy Manager Pro.

| Empresa | Beneficios |
|---|---|
| Schmitz Werke - Industria Textil | -Amortización del sistema de gestión energética mediante la identificación de desperdicio energético luego de la instalación. -Reducción de personal debido a la adquisición de equipo automatizado. |
| Saint Gobain Oberland - Industria de Vidrio | -Optimización en la producción. -Escalabilidad para futuras expansiones. -Reporte de datos automático y amigable con el usuario. |
| Infratec - Parque Industrial | -Incremento significativo de la eficiencia energética. -Asignación detallada de los consumos energéticos. |

Fuente: (Siemens AG, 2016)

2.1.2 ANÁLISIS MICROENTORNO

2.1.2.1 GESTIÓN ENERGÉTICA AMERICA LATINA

La experiencia demuestra que los ahorros de energía sólo son significativos y perdurables en el tiempo cuando se logran en el marco de un sistema integral de gestión energética, que trate la energía como un recurso más, bajo el control de la administración de la empresa (Borroto, et al., 2005). El consumo de energía es un gasto controlable, y la función de una buena gerencia es mantener este control.

En América Latina, los últimos 10 años en numerosas empresas de Cuba, México, Colombia y Ecuador, han puesto de manifiesto el bajo nivel de la gestión energética en ellas, así como las posibilidades que existen de reducir los costos energéticos mediante la creación en las mismas capacidades técnico-organizativas para administrar eficientemente la energía (Borroto, et al., 2005).

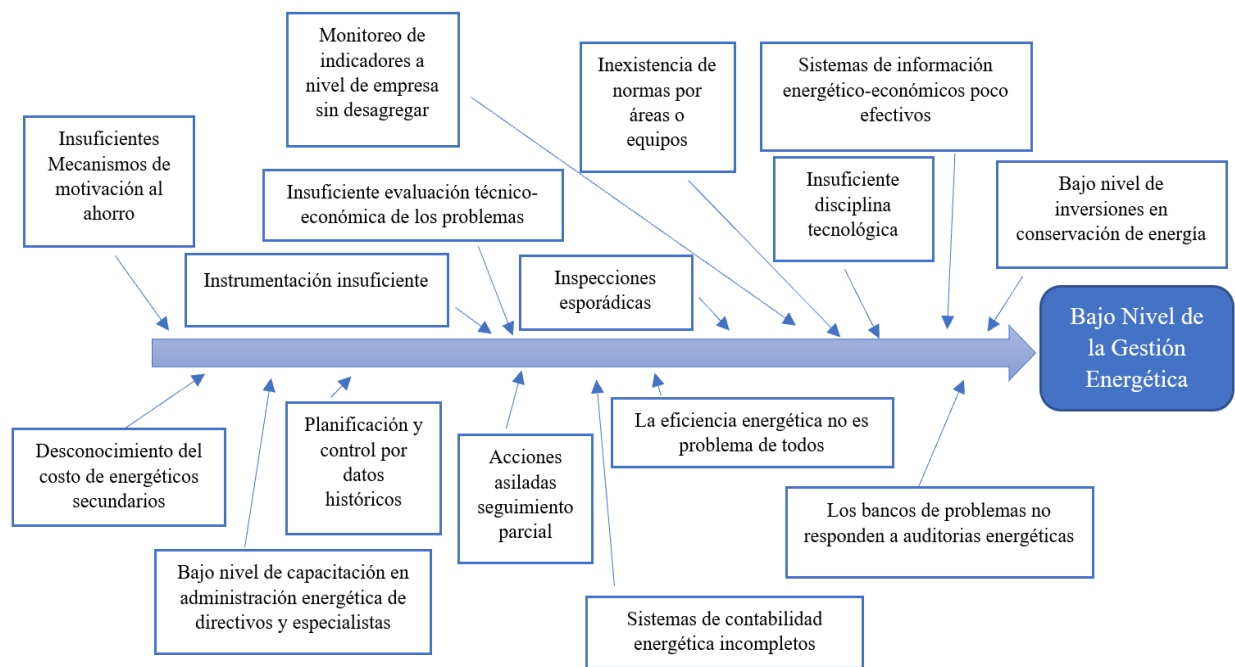


Figura 2 Causas que caracterizan el bajo nivel de la Gestión Energética

Fuente: (Borroto, et al., 2005)

En el esquema de la Figura se muestran las causas principales que caracterizan el bajo nivel de gestión energética existente. Para una gestión energética se necesita de monitoreo, registro,

evaluación, y acción correctiva continua sobre los equipos, áreas, procesos y personal clave, para reducir los consumos y gastos energéticos.

2.1.2.2 NORMA ISO 50001 IBERO AMERICA

En Latinoamérica los países con mayor cantidad de certificados son Argentina, Brasil, Colombia, Chile y Uruguay. Se puede observar que en esta parte del mundo no es muy popular este tipo de certificación y peor aún en el resto de los países de la región (Arpi Arpi & Mulluni Chacolli, 2019).

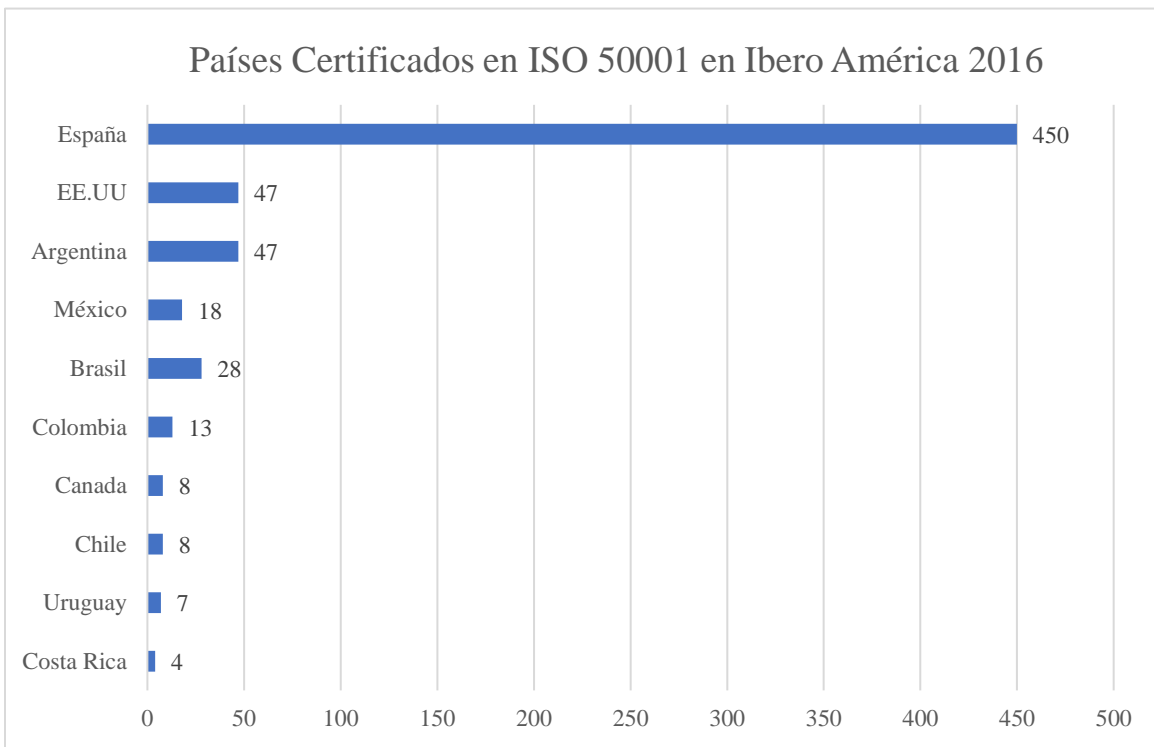


Figura 3 Diez Primeros países certificados en ISO 50001 Ibero América
Fuente: (Arpi Arpi & Mulluni Chacolli, 2019)

2.1.3 ANÁLISIS INTERNO

2.1.3.1. INICIATIVA DE LEY PARA EL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA

En Honduras no existe un ente gubernamental encargado de recolectar data, controlar o administrar la gestión energética tanto en el área industrial como residencial. Actualmente existe un anteproyecto de ley para el uso racional y eficiente de la energía el cual toma como base la gestión energética y leyes de otros países encaminando a Honduras a tomar medidas y culturizar a la población. Este anteproyecto de ley fue facilitado por el Ing. Samuel Rodríguez, el cual funge como el vicepresidente de la Asociación Hondureña de Energía Renovable (AHER). Algunos de los artículos que establece el anteproyecto son los siguientes:

Artículo 1. La presente Ley es de orden público e interés social, y tiene por objeto fomentar el uso racional y eficiente de la energía, así como regular los órganos a cargo del fomento del uso racional y eficiente de la energía y sus competencias, las actividades de planificación e implementación de la eficiencia energética, los mecanismos para su financiamiento y su fomento, la gestión y sistematización de información en eficiencia energética, la regulación técnica y los procesos de verificación y vigilancia de su cumplimiento, y las sanciones aplicables.

Artículo 2. La Secretaría establecerá las normas e infraestructura necesarias para el cumplimiento de la presente Ley, creando las estructuras necesarias para lograr su objeto.

Artículo 13. Sólo podrán comercializarse en el país equipos, aparatos y sistemas que utilicen energía para su funcionamiento que incluyan información normalizada de aplicación nacional referente al consumo y desempeño energético mediante etiquetas de acuerdo con la reglamentación.

Artículo 24. Aquellas entidades que tengan un consumo anual superior al señalado por el Reglamento que se expida al efecto, estarán obligadas a la realización de una auditoría

energética y a implementar la propuesta de mejoras derivada de la auditoría. Quienes sean objeto de una auditoría energética podrían recibir recursos del Fondo para su pago y financiamiento para la implementación de la propuesta de mejoras.

Artículo 25. Las auditorías energéticas concluirán con un informe escrito. El informe contendrá la evaluación de las instalaciones, procesos y una propuesta de mejoras, en base a un cronograma de trabajo.

Artículo 34. La Secretaría promoverá el establecimiento de incentivos económicos para impulsar la eficiencia energética, para ello trabajará en coordinación con las instancias correspondientes y podrá proponer de manera enunciativa más no limitativa los siguientes:

- I.** La reducción o exención de impuestos a la compra de equipos energéticamente eficientes;
- II.** La amortización acelerada de equipos energéticamente eficientes;
- III.** La reducción o exención de aranceles a la importación de equipos eficientes;
- IV.** El incremento de aranceles o prohibición a la importación de tecnologías ineficientes;
- V.** Incentivos a consumidores de energía que lleven a cabo acciones tendientes a la eficiencia energética en sus equipos, sistemas y procesos, y a la creación e implementación de sistemas de gestión de energía: y
- VI.** Tarifas diferenciadas a tecnologías eficientes y limpias de transporte público o privado, incluyendo las no motorizadas y las eléctricas.

Artículo 35. Para la sustanciación del procedimiento por infracciones a esta Ley, la Secretaría aplicará lo dispuesto en la Ley de Procedimiento Administrativo. En la imposición de multas, se deberá considerar la gravedad de la infracción, el daño causado, los indicios de intencionalidad, la duración de la conducta y la reincidencia o antecedentes del infractor, así como su capacidad económica. (Rodríguez, 2020, págs. 2-10)

2.2 TEORIA DE SUSTENTO

2.2.1 EFICIENCIA ENERGÉTICA

Cañizares-Pentón, et al, (2014) mencionan que: “La elevación de la eficiencia energética puede alcanzarse por dos vías fundamentales, no excluyentes entre sí” (p. 20) :

1. Mejor gestión energética y buenas prácticas de consumo, de operación y mantenimiento. (administración de energía-medidas técnico-organizativas).
2. Tecnologías y equipos de alta eficiencia en remodelaciones de instalaciones existentes o en instalaciones nuevas. (inversiones).

La primera vía tiene un menor costo, pero los resultados son más difíciles de conseguir y mantener. La segunda vía requiere mayores inversiones, pero el potencial de ahorro es más alto y asegura mayor permanencia de los resultados. Sin embargo, cualquiera de las dos permite reducir el consumo específico, pero la combinación de ambas es lo que posibilita alcanzar el resultado óptimo.

Existen muchas razones por las que una empresa o planta industrial debe de ahorrar energía. (McCoy & Douglass, 2000) mencionan que una de las razones más importantes es el dinero. Al no tener en cuenta la energía empleada para la producción esta puede aumentar lo que afectaría los costos de utilidad y reduciría las ganancias, presupuestos de mantenimiento, reduciría la competitividad y aumentaría los costos de producto.

Un error común en la industria es el pensar que un programa de conservación o de reducción de energía consiste en apagar equipos o procesos, cuando en realidad un programa de gestión de energía desafía al personal a elaborar los mismos productos o servicios con el consumo de energía mínimo. Su objetivo es la reducción del uso de energía por medio de eficiencia energética, y con esto se logrará reducir costos y un uso competente de los combustibles (McCoy & Douglass, 2000). La gestión energética no es la responsabilidad de una sola persona, sino que es un esfuerzo constante marcado por mejoras graduales. Algunos de los beneficios de una correcta gestión de energía son:

1. Maximizar la eficiencia de producción.
2. Minimizar el consumo de energía.
3. Corrección de un bajo factor de potencia.

Se debe de ser consciente que para que la gestión de energía sea efectiva se requiere que las ideas y prácticas se conviertan en una cultura organizacional, pero sin perder el horizonte, esto significa que la empresa debe enfocarse en su actividad primordial y tomar a la gestión energética como un generador de ahorro y no de ingresos.

Backlund et al, (2012) menciona que a pesar de que una correcta gestión energética depende de muchos factores como ser el tamaño o el tipo de industria se puede reconocer algunas prácticas generales que son el análisis, el reporte de datos y las acciones a tomar.

1. El análisis consiste en auditorías energéticas y la recopilación de información con respecto a los flujos de energía.
2. El reporte de datos se refiere a la meta cuantificada de eficiencia propuesta a alcanzar, así como la comunicación de esta a toda la organización.
3. Toma de decisiones requiere tanto de la implementación de gestión interna como nuevas medidas de eficiencia que impliquen las operaciones y el mantenimiento.

2.2.2. IMPLEMENTACIÓN DE GESTIÓN ENERGÉTICA

La efectividad en la utilización de la energía depende de la principal operación industrial debido a la diversidad que existe en los procesos requeridos para producción. Por esto mismo, un programa de gestión energético debe de ser implementado teniendo en consideración los procesos propios de la planta. Goswami y Kreith (2016) mencionan que muchas grandes empresas han implementado programas de gestión energética y han observado un ahorro considerable en costos de combustible y electricidad.

Goswami y Kreith (2016) plantean las siguientes fases para la implementación de un sistema de gestión:

1. Fase 1: Compromiso de gestión.
2. Fase 2: Auditorias y análisis.
3. Fase 3: Implementación y submediciones.

2.2.2.1. FASE 1: COMPROMISO DE GESTIÓN

El compromiso de los directores de una empresa para iniciar y apoyar un programa es esencial. Se designa un coordinador de energía y se forma un comité de gestión de energía. El comité debe incluir personal que represente las principales actividades de la empresa que utilizan energía. Se formula un plan para poner en marcha los programas con un compromiso de fondo y personal. Deben establecerse objetivos y pautas generales realistas en cuanto al ahorro de energía en función de la información general de los registros de la empresa, las actividades proyectadas, los costos y suministros futuros de combustible. (Goswami & Kreith, 2016, pág. 730)

2.2.2.2. FASE 2: AUDITORIAS Y ANÁLISIS.

En esta fase se debe recolectar, revisar y analizar datos históricos para determinar e identificar los tipos de energía, ciclos de uso, efectos financieros en el año fiscal y proporciones mínimas para producción. Por otro lado, los objetivos de las auditorías son determinar cómo, donde, cuando y cuanta energía es utilizada en la planta, esto mediante la observación y análisis de uno o un grupo de expertos. A menudo, las auditorías energéticas identifican oportunidades de mejora inmediatamente como por ejemplo áreas iluminadas las 24 horas o hasta equipo innecesariamente operativo. Goswami y Kreith (2016) afirman: “Se pueden instituir acciones correctivas de limpieza y mantenimiento. para lograr ahorros a corto plazo con poca o ninguna inversión de capital” (pág. 735). Se requiere de un análisis de la información recolectada en la auditoría para una investigación más a fondo como el desperdicio de combustible o la identificación de conservación. De este mismo análisis deben surgir estudios económicos para determinar el retorno de inversión y el ahorro.

Las auditorías energéticas no ahorran dinero ni energía a las empresas a menos que se implementen las recomendaciones. Los informes de auditoría deben diseñarse para fomentar la implementación. El objetivo de redactar un informe de auditoría no debe ser el informe en sí; más bien, debería ser para lograr la implementación de las recomendaciones del informe y así lograr una mayor eficiencia energética y ahorros de costos de energía para el cliente. (Goswami & Kreith, 2016, pág. 735)

2.2.2.3. FASE 3. IMPLEMENTACIÓN Y SUBMEDICIONES

En este punto, las metas para ahorro de energía y modificaciones a los equipos pueden ser establecidas más firmemente sin olvidar que una medición efectiva y el monitoreo de procesos son esenciales para medir el avance en la gestión energética. El involucrar a los empleados y reconocer sus contribuciones facilita el logro de objetivos. Estos pueden colaborar en los reportes de rutina ya sea en las actividades de gestión o producción para así acumular información sobre el rendimiento de la planta e informar a los supervisores y operarios sobre la efectividad de sus acciones.

Tabla 3 Fases y elementos para implementar un sistema de gestión energético

| Elementos de un programa de gestión energética | |
|--|--|
| Fase 1: Compromiso de Gestión | |
| 1.1 | Compromiso de la dirección con un programa de gestión energética |
| 1.2 | Asignación de un coordinador de gestión energética |
| 1.3 | Creación de un comité de gestión energética de los principales representantes de plantas y departamentos. |
| Fase 2: Auditorías y Análisis | |
| 2.1 | Revisión de patrones históricos de uso de combustible y energía |
| 2.2 | Encuesta de recorrido de la instalación |
| 2.3 | Análisis preliminares, revisión de planos, fichas técnicas, especificaciones de equipos |
| 2.4 | Desarrollo de planes de auditoría energética |
| 2.5 | Llevar a cabo una auditoría energética de las instalaciones, cubriendo |
| | a. Procesos |
| | b. Instalaciones y equipos |
| 2.6 | Cálculo del uso de energía anual basado en resultados de auditoría |
| 2.7 | Comparación con registros históricos |
| 2.8 | Paso de análisis y simulación (cálculos de ingeniería, balances de masa y calor, cálculos de eficiencia teórica, análisis por computadora y simulación) para evaluar las opciones de administración de energía |
| 2.9 | Análisis económico de las opciones seleccionadas de gestión de la energía (costes del ciclo de vida, tasa de rendimiento, relación beneficio-coste) |
| Fase 3: Implementación y submedidores | |
| 3.1 | Establecer objetivos de eficacia energética para la organización y las plantas individuales. |
| 3.2 | Determinar los requisitos y prioridades de inversión de capital. |
| 3.3 | Establecer procedimientos de medición e informes, instalar instrumentos de seguimiento y registro según sea necesario |
| 3.4 | Instituir procedimientos de informes de rutina (gráficos de "seguimiento de energía") para los gerentes y publicar los resultados |
| 3.5 | Promover la conciencia y la participación continuas del personal. |
| 3.6 | Proporcionar revisión y evaluación periódicas del programa general de gestión de energía. |

Fuente: (Goswami & Kreith, 2016)

2.2.2.4. CÁLCULO DE ENERGÍA Y BALANCE DE DEMANDA

Los balances de energía y demanda funcionan como la representación de flujos de energía y potencia usada en la planta, estos balances permiten realizar un rastreo de las entradas y salidas de energía y ver si estos concuerdan. De esta manera se puede determinar el consumidor más grande en la planta, la identificación de todas las energías utilizadas o por utilizar y hasta analizar si las metas de ahorro son más grandes que las que se pueden lograr. Goswami y Kreith (2016) afirman: “Hacer recomendaciones de uso de energía sin utilizar los balances de energía y demanda es similar a hacer recomendaciones de recorte de presupuesto sin saber exactamente dónde se está gastando el dinero actualmente” (pág. 739).

2.2.2.4.1. ILUMINACIÓN

La primera categoría mayormente analizada es la iluminación ya que usualmente es el área donde se tiene la mayor confianza de saber la demanda y las horas de uso. Para el cálculo de la energía consumida en iluminación se debe de identificar los tipos de lámparas utilizadas en cada área, así como la información de lámparas o balastos de repuesto. Conociendo el consumo en watts de las lámparas y estimando de mejor manera la cantidad de horas que se mantienen encendidas se puede elaborar un estimado muy acertado del consumo por iluminación.

2.2.2.4.2. UNIDADES DE AIRE ACONDICIONADO

Los requisitos de enfriamiento del proceso son muy diferentes y normalmente tendrían un número mucho mayor de horas de funcionamiento equivalentes a carga completa. Con el tamaño del equipo, los datos de eficiencia y las horas de funcionamiento equivalentes a plena carga, es posible construir una descripción de la energía y la demanda del sistema de aire acondicionado. (Goswami & Kreith, 2016, pág. 740)

El problema con este cálculo es obtener información acertada sobre el tiempo real en el que las unidades de aire acondicionado se encontraban a plena carga por lo que se recomienda que tome un tiempo de operación anual de 2300h (Goswami & Kreith, 2016).

2.2.2.4.3. MOTORES

El cálculo de consumo energético de motores es una de las categorías más difíciles considerando el hecho de ausencia de medición del factor de carga en cada motor de la planta. En una revisión o visita de un día resulta generalmente, imposible la obtención de los datos del factor de carga para cada motor de la planta. Muy pocas organizaciones de auditoría energética pueden considerar el tiempo y dinero de realizar un levantamiento completo de cada motor. “La estimación de los factores de carga del motor se convierte en una parte fundamental del equilibrio de energía y demanda, y también una parte fundamental de la precisión del análisis de auditoría energética real” (Goswami & Kreith, 2016, pág. 740). Se debe de recolectar el nombre o código del motor, la potencia, marca y algunas veces la eficiencia inventariando cada motor arriba de 1 Hp.

El tiempo de operación es otro parámetro muy complicado de obtener porque existen dos casos, el primero es cuando un equipo se mantiene encendido el tiempo que sea necesario para su operación. El segundo caso es cuando no se conoce el tiempo, por lo que se requerirá a personal técnico que proporcione un tiempo estimado de operación.

2.2.3. SISTEMAS ELÉCTRICOS INDUSTRIALES

Las empresas de distribución de energía eléctrica se centran en el cumplimiento de dos criterios para el suministro de energía siendo los siguientes:

1. Entregar la energía a un rango de voltaje aceptable.
2. Proveer distintas fases de energía donde el voltaje entre fases se encuentre equilibrado o balanceado.

Este último punto es de suma importancia para la empresa en vista de que puede existir un desbalance entre fases que no se encuentra únicamente en los puntos de alimentación de las empresas distribuidoras de energía, sino que puede ser producto de las mismas instalaciones que se realizan dentro de nuestra empresa o industria. El desbalance entre fases o de voltajes se refiere a “un evento de estado estable y es frecuentemente encontrado cuando se analiza los índices de calidad de energía en un sistema eléctrico de distribución” (Jami, 2003, pág. 5). Al existir un desbalance de voltaje entre fases se crea automáticamente un desbalance entre corrientes o cargas.

Este desbalance de corrientes causa un incremento de estrés mecánico en motores eléctricos, sobrecalentamiento en alguno de sus devanados y hasta vibraciones.

La eficiencia en los motores eléctricos se reduce con el desbalance y cuando la eficiencia cae, se crean pérdidas ya que la energía se disipa en forma de calor en el núcleo y devanados del motor y por ende el torque proporcionado por el motor se reduce. Si el desbalance persiste, el aislamiento del motor puede romperse ocasionando que el motor falle por completo.

McCoy & Douglass (2000) mencionan que Asociación Nacional de Fabricaste Eléctricos (NEMA por sus siglas en inglés) definen al desequilibrio de voltaje como: “cien veces la desviación máxima del voltaje empleado al voltaje promedio en un sistema trifásico dividido por el voltaje promedio (pág. 38). Siendo la siguiente formula:

Ecuación 1

$$D = 100 \left(\frac{|\Delta V|}{V} \right)$$

Donde:

D = % Desbalance de voltaje.

ΔV = Diferencia entre la desviación máxima de voltaje y el voltaje promedio.

V = Voltaje promedio.

Los desbalances de más de 1% deberían de ser corregidos al instante y menor a 1% se consideran satisfactorio. Las causas más comunes para el desbalance son las siguientes:

1. Existencia de una gran cantidad de transformadores monofásicos en una red trifásica.
2. Cargas monofásicas distribuidas irregularmente.
3. Cargas altamente reactivas como soldadoras.

Como podemos observar en la **Figura 4**, un desbalance de entre 0 y 1% se representa con un máximo de 5% de pérdida, pero un 2% representa hasta un 10%, tal vez en un motor único no represente un problema muy considerable, pero en plantas donde se tienen una gran cantidad, esta perdida en cada uno de ellos representa una falta de eficiencia energética y a su vez esto repercute en la producción y ganancias de la empresa.

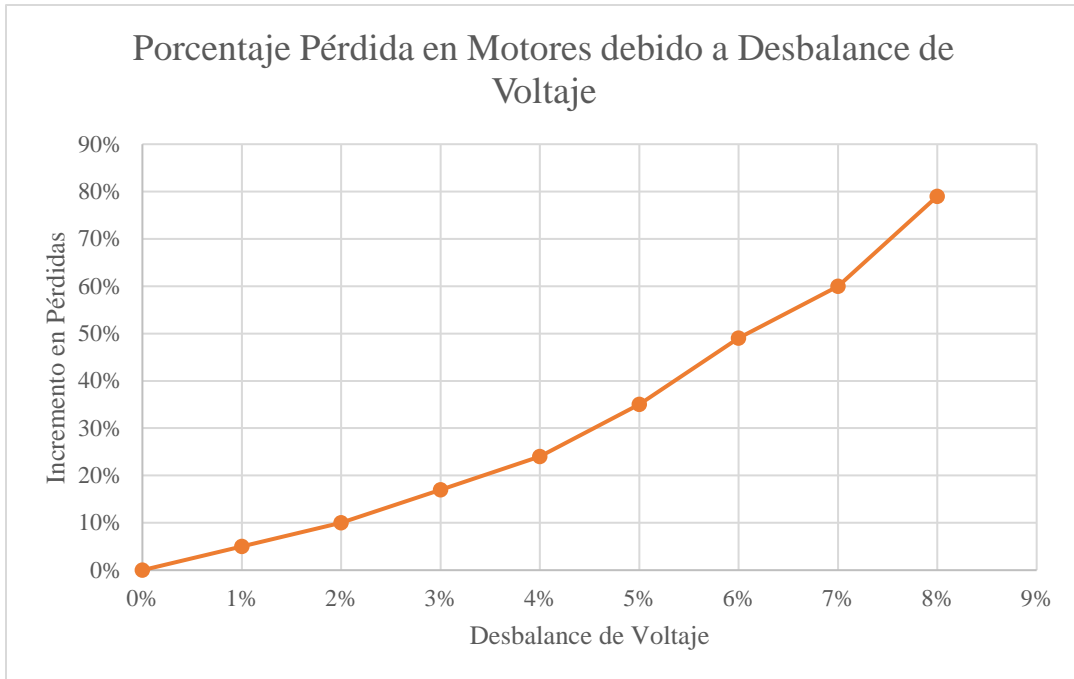


Figura 4 Porcentaje de pérdidas en la eficiencia de motores eléctricos.
Fuente: (McCoy & Douglass, 2000)

Un sistema eléctrico balanceado se puede lograr y mantener de las siguientes maneras:

1. Revisión y verificación de sistema monofásico para cerciorarse que las cargas monofásicas estén distribuidas uniformemente.
2. Revisión regular en todas las fases para asegurar que exista un desbalance mínimo.
3. Instalación de sensores de voltaje por fase para monitoreo.

2.2.4. CORRECCIÓN DE FACTOR DE POTENCIA

Para hablar del factor de potencia y lo que esto representa para la industria es necesario explicar un poco de donde se obtiene ese valor iniciando por los conceptos eléctricos de potencia activa, reactiva y aparente.

2.2.4.1 POTENCIA ACTIVA

Wildi (2007) define a la potencia activa suministrada a un dispositivo como “el producto del voltaje instantáneo a través de sus terminales multiplicado por la corriente instantánea que fluye a través de él” (pág. 134). Este concepto se puede interpretar mediante la siguiente formula:

Ecuación 2

$$P = VI$$

Donde:

P = Potencia activa expresada en watts (W).

V = Voltaje expresado en volts (V).

I = Corriente expresada en amperios (A).

Ecuación 3

$$P = VI\sqrt{3} \cos \theta$$

Donde:

P = Potencia activa expresada en watts (W).

V = Voltaje expresado en volts (V).

I = Corriente expresada en amperios (A).

La diferencia entre ambas ecuaciones es que la **Ecuación 2** se utiliza para el cálculo de potencia activa en sistemas monofásicos de corriente directa y la **Ecuación 3** para sistemas trifásicos de corriente alterna.

Esta se llama potencia activa o real porque es la energía real de consumo que se transforma de energía eléctrica a trabajo, ya sea girando un motor, encendiendo una lampara o activando un variador.

2.2.4.2 POTENCIA REACTIVA

Muchos de los equipos en las industrias son de carga inductiva; cuando estos equipos son energizados producen una corriente de magnetización la cual es requerida por la misma máquina para operar. Esto a su vez produce potencia reactiva, que es toda aquella potencia que no se utiliza o produce un trabajo real pero que circula en el sistema (McCoy & Douglass, 2000). Se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 4

$$Q = \sqrt{S^2 + P^2}$$

Donde:

Q = Potencia reactiva expresada en voltiamperios reactivos (var).

S = Potencia aparente expresada en voltiamperios (VA).

P = Potencia activa expresada en watts (W).

Las potencias activas y reactivas son independientes entre sí, por lo que en los circuitos eléctricos se pueden manejar como magnitudes diferentes además que se debe de tener en cuenta que una no puede convertirse en la otra. Wildi (2007) menciona que: “Ambas imponen una carga en la línea de transmisión que las transporta, pero mientras que la potencia activa produce con el tiempo un resultado tangible (calor, potencia mecánica, luz, etc.), la potencia reactiva sólo representa potencia que oscila de un lado a otro” (pág. 140).

2.2.4.3 POTENCIA APARENTE

Wildi (2007) se refiere a potencia aparente como aquella energía que es absorbida por equipos que requieren tanto potencia activa como reactiva. Esta se puede calcular mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 5

$$S = VI$$

Donde:

S = Potencia aparente expresada en voltiamperios (VA).

V = Voltaje expresado en voltios (V).

I = Corriente expresada en amperios (A).

2.2.4.4 FACTOR DE POTENCIA

Con respecto a la **Ecuación 3** se puede observar que existe un valor no explicado que es el $\cos\theta$; el valor de θ hace énfasis al ángulo entre la potencia activa y la potencia aparente en el análisis del triángulo de potencia que se utiliza para demostrar gráficamente la relación entre potencias (Wildi, 2007). Cuando nos referimos a $\cos\theta$ también nos referimos al factor de potencia mismo expresado con la siguiente ecuación:

Ecuación 6

$$FP = \frac{P}{S} = \cos \theta$$

Donde:

FP = Factor de potencia expresado en decimales.

P = Potencia activa expresada en watts (W).

S = Potencia aparente expresada en voltiamperios (VA).

Wildi (2007) afirma que: “el factor de potencia de un circuito o dispositivo es simplemente una forma de establecer qué fracción de su potencia aparente es potencia real, o activa” (pág. 143). Otra manera de entender el factor de potencia es recordando el hecho que la potencia aparente es la combinación de la potencia real y reactiva; también se debe de recordar que la potencia reactiva se considera como aquella que no crea un trabajo real por lo que se considera como pérdida. En otras palabras, lo que la **Ecuación 6** nos expresa es que tan eficiente se es considerando cuanta energía real estamos utilizando de la que se debería de utilizar.

2.2.4.5. MEJORA DEL FACTOR DE POTENCIA

Como ya aprendimos, el factor de potencia representa la eficiencia con la que un equipo transforma la energía eléctrica en trabajo; mientras más alto sea el factor de potencia más eficiente es un equipo y sucede lo opuesto mientras este sea más bajo. El factor de potencia se puede considerar de manera general para toda la planta realizando lecturas de consumo de potencia total; con este valor total de factor de potencia se considera y analiza la eficiencia y como se sabe,

mientras menos eficiente es un equipo mayor es su pérdida de energía que a su vez se traduce en producción y esta en dinero. En consecuencia, para lograr un consumo más eficiente de la energía, las empresas utilizan métodos para intentar lograr que el factor de potencia sea lo más cercano a uno.

Algunas maneras de mejorar el factor de potencia son:

1. Utilizar la velocidad más alta que permita un equipo o aplicación.
2. Instalar motores lo más cercanos posibles a la potencia demandada.
3. Instalación de capacitores en sistema de distribución de la planta.

2.2.4.6. BANCO DE CAPACITORES PARA CORRECCIÓN DE FACTOR DE POTENCIA

Para hablar sobre un banco de capacitores primero se debe de definir lo que es un capacitor y su relación con el factor de potencia. Bird (2014) define al capacitor como: “un dispositivo eléctrico que se utiliza para almacenar energía eléctrica” (pág. 63). Definido esto aun no es muy claro la relación de los capacitores con el factor de potencia, pero esta se explica de la siguiente manera. Existen componentes eléctricos que “atrasan” y “adelantan” la corriente con respecto al voltaje (McCoy & Douglass, 2000). Esto se puede observar si se grafica la onda sinusoidal de corriente y voltaje alterno; cuando hablamos de atraso, significa que la corriente se desplaza hacia atrás un ángulo θ con respecto a la onda de voltaje y sucede lo inverso en el adelanto. Ese ángulo θ es el mismo ángulo que se utiliza en la **Ecuación 6**. El atraso del factor de potencia es producto de las bobinas que se utilizan para crear campos magnéticos; en la industria, estas bobinas se encuentran en los motores eléctricos y este a su vez es el medio más utilizado para convertir energía eléctrica en trabajo mecánico, por ende, el factor de potencia de una planta se encontrará atrasado; es ahí donde los bancos de capacitores entran en juego.

“Los capacitores de potencia sirven como principales generadores de corriente reactiva y contrarrestan el retraso creado por la corriente reactiva en el sistema. Al generar corriente reactiva, reducen la cantidad total de corriente que el sistema debe de extraer del proveedor de energía” (McCoy & Douglass, 2000, pág. 89).

2.3 CONCEPTUALIZACIONES

2.3.1 AHORRO

"Evitar un gasto o consumo mayor" (Diccionario de la lengua española, 2014).

2.3.2 CAPACIDAD

"Oportunidad, lugar o medio para ejecutar algo" (Diccionario de la lengua española, 2014).

2.3.3 CENTRO DE COSTOS

“Un centro o agrupamiento de costos es una forma de organizar / agrupar los costos organizacionales de tal forma que sean útiles para: a) la toma de decisiones y b) satisfacer las necesidades de reporte interno o externo” (Ortiz Aragón & Rivero, 2006, pág. 6).

2.3.2 CONSUMO DE ENERGÍA

“Consumo de energía: Corresponde a la cantidad de energía utilizada, por ejemplo, kWh de electricidad, metros cúbicos de gas o toneladas de carbón consumidas” (Programa Nacional en Sistemas de Gestión, 2014, p. 13).

2.3.3 DESBALANCE ENTRE FASES O VOLTAJES

“Es un fenómeno que ocurre en sistemas trifásicos donde los voltajes y/o ángulos entre fases consecutivas no son iguales” (López Beltrán & Ventura Gámez, 2019, pág. 41).

2.3.4 EFICIENCIA ENERGÉTICA

“Eficiencia energética: relación entre la cantidad producida de un servicio o utilidad y la cantidad de energía consumida para proporcionarlo” (Sancha Gonzalo, 2010, pág. 47) .

2.3.5 EQUIPO

"Conjunto de aparatos constituido por una computadora y sus periféricos" (Diccionario de la lengua española, 2014).

2.3.6 FACTOR DE POTENCIA

“Se utiliza para designar la relación entre la potencia de que se dispone realmente en una instalación y la potencia de que hubiera podido disponerse si la tensión y la corriente de la instalación estuvieran idealmente en fase” (Vásquez, 1985, pág. 12).

2.3.7 FLUJO DE EFECTIVO

“Es un resumen de los flujos de efectivo de un periodo específico. El estado permite comprender mejor los flujos operativos, de inversión y financieros de la empresa, y los reconcilia con los cambios en su efectivo y sus valores negociables durante el periodo” (Gitman L. J., 2003, p. 43).

2.3.8 GESTION ENERGÉTICA

“La gestión energética puede concebirse como un esfuerzo organizado y estructurado para conseguir la máxima eficiencia en el suministro, conversión y utilización de los recursos energéticos” (Jaramillo Díaz, 1999, p. 51).

2.3.9 INVERSIÓN

"Emplear, gastar, colocar un caudal" (Diccionario de la lengua española, 2014).

2.3.10 KPI

"Los indicadores claves de rendimiento miden el desempeño de cada uno de los procesos que hacen parte de una estrategia de negocio, estos ayudan a las empresas a comprender la eficacia de los procesos con relación al logro de los objetivos" (Cristina, 2016, pág. 18).

2.3.11 LOCALIZACIÓN

"Determinar o señalar el emplazamiento que debe tener alguien o algo" (Diccionario de la lengua española, 2014).

2.3.12 MEDIDOR DE ENERGÍA

"Medidor de energía: este sistema está encargado de determinar el consumo de energía eléctrica, a partir de la potencia instantánea calculada" (López, Arias, & Quintero, 2016, pág. 62).

2.3.13 POTENCIA ACTIVA

"Se define la potencia activa como el valor medio integral de la potencia instantánea a lo largo de un periodo (o un número de periodos)" (Pastor Gutiérrez & Ortega Jiménez, 2014, pág. 778).

2.3.14 POTENCIA APARENTE

"Si la tensión y la corriente son funciones sinusoidales del tiempo, el producto del valor eficaz de la tensión por el valor eficaz de la corriente se denomina potencia aparente" (G. Fink, Wayne Beaty, & M. Carrol, 1981, p. 18).

2.3.15 POTENCIA REACTIVA

“El producto del valor eficaz de la tensión por el valor eficaz de la componente de la corriente en cuadratura con la tensión, se denomina potencia reactiva” (G. Fink, Wayne Beaty, & M. Carrol, 1981, p. 18).

2.4 METODOLOGIAS Y/O INSTRUMENTOS

En el ámbito de la inversión privada el objetivo principal no sólo es obtener el mayor rendimiento sobre la inversión. En los tiempos actuales de crisis, el objetivo principal puede ser que la empresa sobreviva, mantener el mismo segmento del mercado, diversificar la producción, aunque no se aumente el rendimiento sobre el capital. (Baca, 2010, pág. 3)

2.4.1 ESTUDIO TÉCNICO

Baca (2010) menciona que este estudio está compuesto o presenta lo siguiente: “La determinación del tamaño óptimo de la planta, la determinación de la localización óptima de la planta, la ingeniería del proyecto y el análisis organizativo, administrativo y legal” (pág. 7).

2.4.1.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Esta hace énfasis al lugar, zona o región geográfica que se pretende realizar la instalación, es de suma importancia que se tomen en cuenta factores como accesibilidad y las áreas que se pretende realizar la medición de energía.

2.4.1.2. DETERMINACIÓN DE TAMAÑO OPTIMO

El tamaño optimo en otros proyectos hace énfasis a la capacidad instalada con relación a la producción, en nuestro caso el tamaño optimo se determina según los puntos de medición que se consideran, debido a que cada punto es único en lo que a consumo de corriente se refiere, se debe de instalar equipo que soporte los niveles de corrientes máximos para cada medición.

2.4.1.3. INGENIERIA DEL PROYECTO

En esta misma parte se engloban otros estudios, como el análisis y la selección de los equipos necesarios, dada la tecnología elegida; en seguida, la distribución física de tales equipos en la planta, así como la propuesta de la distribución general, en la que se calculan todas y cada una de las áreas que formarán la empresa. (Baca Urbina, 2010, pág. 7)

2.4.2 ESTUDIO FINANCIERO

Llamado también como estudio económico es definido por Baca (2010) como aquel estudio que: “Ordena y sistematiza la información de carácter monetario que proporcionan las etapas anteriores y elabora los cuadros analíticos que sirven de base para la evaluación económica” (pág. 8). A su vez Baca (2010) menciona que la evaluación económica es de suma importancia debido a que por lo general la decisión de realizar o no el proyecto depende de esta por lo que debe de plantear de manera clara y concisa para los inversionistas.

2.4.2.1. EVALUACIÓN ECONÓMICA

La evaluación económica describe los métodos actuales de evaluación que toman en cuenta el valor del dinero a través del tiempo, como son la tasa interna de rendimiento y el valor presente neto; se anotan sus limitaciones de aplicación y se comparan con métodos contables de evaluación que no toman en cuenta el valor del dinero a través del tiempo, y en ambos se muestra su aplicación práctica. (Baca Urbina, 2010, pág. 8)

2.4.2.2. VALOR PRESENTE NETO

“El valor presente neto de un proyecto es el valor presente de los ingresos actuales y futuros menos el valor presente de los costes actuales y futuros” (Krugman & Wells, 2006, pág. 176). El Valor Presente Neto o Valor Actual Neto de un proyecto se calcula con la siguiente ecuación:

Ecuación 7

$$Van = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+k)^t}$$

Donde:

F_t = representa los flujos de caja en cada periodo t.

I₀ = es el valor del desembolso inicial de la inversión

n = es el número de periodos considerados

k = tasa de rendimiento

2.4.2.3. TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

“La Tasa interna de retorno de un proyecto es una tasa de descuento que ocasiona que el VPN sea igual a cero (lo que ocurre cuando un proyecto sólo está ganando su costo de capital)” (G. Keat & Y. Young, 2004, p. 573). Para calcular la TIR de un proyecto se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 8

$$Van = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+TIR)^t} = -I_0 + \frac{F_1}{(1+TIR)} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+TIR)^n} = 0$$

Donde:

F_t = son los flujos de dinero en cada periodo t.

I₀ = es la inversión realizada en el momento inicial (t = 0).

2.4.2.4 PERIODO DE RECUPERACION DE LA INVERSIÓN

“El período o plazo de recuperación de una inversión es el tiempo que tarda en recuperarse la inversión inicial del proyecto” (Ketelhöhn, Marín, & L. Montiel, 2004, pág. 52). La fórmula para calcular el período de recuperación de la inversión depende de si los flujos de efectivo por período del proyecto son uniformes o desiguales. En caso de que sean iguales, la fórmula para calcular el período de recuperación es el siguiente:

Ecuación 9

$$PRI = \frac{\text{Inversión Inicial}}{\text{Flujo de efectivo por periodo}}$$

Donde:

PRI = es el periodo de recuperación de la inversión

Cuando los flujos de efectivo no son iguales, se deben estimar los flujos de efectivo acumulado para cada período. Luego se debe utilizar la siguiente fórmula para calcular el período de recuperación de la inversión:

Ecuación 10

$$PRI = TRT + \left(\frac{\text{Rebolsos no recuperados de la inversión al inicio del año}}{\text{Flujo de efectivo en el año siguiente}} \right)$$

Donde:

PRI = es el periodo de recuperación de la inversión

TRT = es el tiempo de recuperación total

2.4.2.5 INVERSIÓN TOTAL INICIAL

“La inversión inicial comprende la adquisición de todos los activos fijos o tangibles y diferidos o intangibles necesarios para iniciar las operaciones de la empresa, con excepción del capital de trabajo” (Baca Urbina, 2010, pág. 143).

A todas las compras de bienes tangibles se les conoce como activos fijos, ya sea terrenos, equipo, mobiliario, maquinaria etc. Por su parte, los activos diferidos o intangibles son aquel conjunto de bienes de la empresa que se requieren para el funcionamiento, pero tienen un cuerpo físico como tal (Baca Urbina, 2010). Entre ellos podemos mencionar la asistencia técnica requerida para montar un equipo o proyecto, gastos operativos, gastos de puesta en marcha o hasta gastos de patentes o licencias.

2.5. MARCO LEGAL

En Honduras no existe una ley de eficiencia energética ni tampoco alguna norma técnica que debe de cumplir el equipo que se piensa instalar, sin embargo, existe las “Normas Técnicas de Calidad de la Transmisión” las cuales estipulan en algunos de sus artículos leyes de calidad de energía que es suministrada y consumida por los usuarios.

Artículo 15. Evaluación de la Calidad del Producto por parte de la Empresa Transmisora: La Calidad del Producto, por parte de la Empresa Transmisora, será evaluada por medio del Sistema de Medición y Control de la Calidad, de manera que permita identificar si se exceden las tolerancias establecidas en esta Norma para la Regulación de Tensión, la Distorsión Armónica y el Flicker.

Artículo 16. Incidencia de los Participantes en la Calidad del Producto. La incidencia en la Calidad del Producto, por parte de los Participantes, será evaluada por medio del Sistema de Medición y Control de la Calidad, de manera que, permita identificar si se exceden las tolerancias establecidas en esta Norma para el Desbalance de Corriente, la Distorsión Armónica, el Flicker y el Factor de Potencia.

Artículo 19. Período de Medición Mensual: Para la medición de los parámetros, Regulación de Tensión, Desbalance de Corriente y Factor de Potencia, el tiempo de medición corresponde a los días del mes. A este tiempo se le denomina Período de Medición Mensual.

Artículo 20. Intervalo de Medición. Dentro del Período de Medición correspondiente, la medición de los parámetros de Regulación de Tensión, Desbalance de Corriente y Factor de Potencia será en intervalos de quince (15) minutos. Para el caso de Distorsión Armónica y Flicker se utilizará un intervalo de diez (10) minutos. A estos lapsos de tiempo se les denomina Intervalo de Medición (k).

Artículo 23. Control para la Regulación de Tensión. Para el control y monitoreo de la tensión los agentes siguientes tendrán las responsabilidades que a continuación se describen:

- a) La Empresa Transmisora deberá efectuar mediciones durante el Período de Medición Mensual, de acuerdo con el Intervalo de Medición, de los niveles de tensión en cada uno de los puntos de conexión de su sistema de transmisión con cada uno de los Participantes.
- b) Las Empresas Distribuidoras y Consumidores Calificados deberán contar con el equipo necesario que permita el control de tensión y suministro de potencia reactiva, debiendo tener en sus puntos de conexión con el sistema de transmisión, un factor de potencia inductivo, a toda hora, de 0.90 o superior a partir de la vigencia de esta Norma.
- c) Las Empresas Generadoras deberán contar con el equipo necesario que permita el control de tensión y suministro de potencia reactiva dentro de los límites de su curva de operación y deben suministrarlo al ODS.

Artículo 24. Sanción. Las Empresas Transmisoras y los Participantes serán sancionados cuando, por causas imputables a ellos, la Regulación de Tensión medida excede el rango de tolerancias establecidas en esta Norma. El ODS realizará estudios de flujo de carga, para cada punto donde no se cumpla con las tolerancias establecidas, simulando elementos de compensación de potencia reactiva, ajustando los flujos de carga a partir del valor máximo o mínimo medido en el punto correspondiente durante todo el mes, hasta que se alcance la Regulación de Tensión requerida. Se utilizarán solamente los flujos de carga para máxima, media y mínima demanda del mes bajo control, los cuales corresponderán a las bandas horarias de punta (pico), intermedia (o resto) y valle. Estos flujos de carga deberán ser realizados dentro del plazo de los cinco (5) días siguientes de haber recibido el informe de la Empresa Transmisora, y hacerlo del conocimiento de la CREE y dentro del plazo de los cinco (5) días siguientes de haberlos realizado. La cantidad de kVAR obtenida, se multiplicará por el valor de Penalización por Déficit de Reactivo, establecida en el Artículo 45 de esta Norma

Ecuación 11

$$SRT = kVAR * PDR$$

Donde:

SRT = sanción por mala regulación de tensión.

kVAR = kVAr, obtenida en los estudios de flujo de carga, necesaria para llegar a las tolerancias establecidas en esta Norma.

PDR = penalización por déficit de reactivo.

Artículo 45. El valor de Penalización por Déficit de Reactivo –PDR–, es el resultado de multiplicar cinco (5) veces el valor del cargo unitario por energía de la tarifa simple para usuarios conectados a la tarifa en baja tensión general, correspondiente al primer día del mes bajo control, por cada unidad de kilo volt- ampere reactivo –kVAr–, quedando el valor de la Penalización por Déficit Reactivo –PDR– expresado en Lempiras/kVAr. Este valor será modificado, cuando sea necesario, si se determina que el mismo no produce los incentivos adecuados para que se efectúen las inversiones que mejoren la calidad del servicio de energía eléctrica. (La Gaceta, 2017, págs. 46-50)

Para el cálculo de penalización por factor de potencia bajo para consumidores de alta tensión, existen una división tarifaria, es decir, dependiendo del voltaje de consumo se aplicará una tarifa de consumo por kWh y penalización por bajo factor de potencia. La Gaceta (2015) indica que aquellos consumidores del servicio industrial en alta tensión, siendo el caso de Cementos del Norte S.A. un consumo de 138 kV, deben de tener un factor de potencia mínimo de 90% mensual; en caso de incumplir con esto se penalizará mediante la siguiente formula:

Ecuación 12

$$P = C_m \left(\frac{0.9}{FP_m} \right)$$

Donde:

P = Penalización a pagar (\$).

C_m = Consumo mensual (\$).

FP_m = Factor de potencia para el mes en penalización.

CAPÍTULO III. METODOLOGÍA

3.1. CONGRUENCIA METODOLÓGICA

En la elaboración de una tesis, investigación o documento para presentar información se tienen muchas ideas que al principio resultan un tanto vagas y requieren de un análisis detallado para convertirlas en planteamientos mejor estructurados y específicos. En caso de no realizar esto, se corre con la probabilidad de recopilar información y datos que no son de importancia o están directamente ligados con el tema principal siendo pudiendo modificar la perspectiva con la que se desea abordar la investigación.

3.1.3. MATRIZ METODOLÓGICA

Pedraza Rendón (2001) define a la matriz metodológica como:

Una herramienta que brinda la oportunidad de abreviar el tiempo dedicado a la investigación, su utilidad permite organizar las etapas del proceso de la investigación de manera que desde el principio exista una congruencia entre cada una de las partes involucradas en dicho procedimiento. (pág. 313)

Además de esto, menciona que gracias a su forma se puede apreciar a simple vista un tipo de resumen y verificar la secuencia lógica que se tiene eliminando consigo las ideas vagas que pueden llegar a existir. (Pedraza Rendón, 2001)

| Congruencia Metodológica | | | | | | |
|---|---|--|--|---|--|------------------------|
| Título | Problema de Investigación | Preguntas de Investigación | Objetivo General | Objetivos Específicos | Variables Independientes | Variables Dependientes |
| Prefactibilidad técnica y financiera para nuevo sistema de medición energético en cementos del norte s.a. para año 2020 | ¿Es factible técnica y financieramente la instalación de un nuevo sistema de medición energético para Cementos del Norte S.A. en el año 2020? | ¿Es factible técnicamente la instalación de un nuevo sistema de medición energético para Cementos del Norte S.A. en el año 2020? | Determinar si es factible técnica y financieramente la instalación de un nuevo sistema de medición energético para Cementos del Norte S.A. en el año 2020. | Determinar si es factible técnicamente la instalación de un nuevo sistema de medición energético para Cementos del Norte S.A. en el año 2020. | Localización Capacidad Equipo | TIR |
| | | ¿Es factible financieramente la instalación de un nuevo sistema de medición energético para Cementos del Norte S.A. en el año 2020? | | Evaluar si es factible financieramente la instalación de un nuevo sistema de medición energético para Cementos del Norte S.A. en el año 2020. | Inversión Flujo de Efectivo Ahorro | |
| | | ¿En qué consiste la gestión energética se llevará a cabo con la instalación de un nuevo sistema de medición energético para Cementos del Norte en el año 2020? | | Seleccionar cuales son las mejores prácticas de gestión energética que se llevarán a cabo con la instalación de un nuevo sistema de medición energético para Cementos del Norte en el año 2020. | Análisis KPI Toma de decisiones | Eficiencia energética |

Tabla 4 Matriz de congruencia metodológica

Fuente: Elaboración propia.

3.1.3. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

Para realizar una hipótesis se requiere definir las variables que la incluyen. Hernández Sampieri (2014) menciona que esto es necesario por las siguientes razones:

Para que el investigador, sus colegas, los lectores del estudio y, en general, cualquier persona que consulte la investigación le dé el mismo significado a los términos o variables de las hipótesis...

Asegurarnos de que las variables pueden ser medidas, observadas, evaluadas o inferidas...

Confrontar nuestra investigación con otras similares.

Evaluar más adecuadamente los resultados de nuestra investigación, porque las variables, y no solo las hipótesis, se contextualizan. (págs. 118-119)

En esta definición de variables se trata de explicar cada una de manera conceptual y operacional. Hernández Sampieri (2014) describe a la definición conceptual como: “la trata de la variable con otros términos” (pág. 119). También explica que esta definición no es suficiente ya que el contexto puede variar para cada investigación. Aquí es donde entra en juego la definición operacional la cual consiste en el “conjunto de procedimientos y actividades que se desarrollan para medir una variable” (Hernández Sampieri, 2014, pág. 120).

3.1.2.1 DIAGRAMA DE VARIABLES

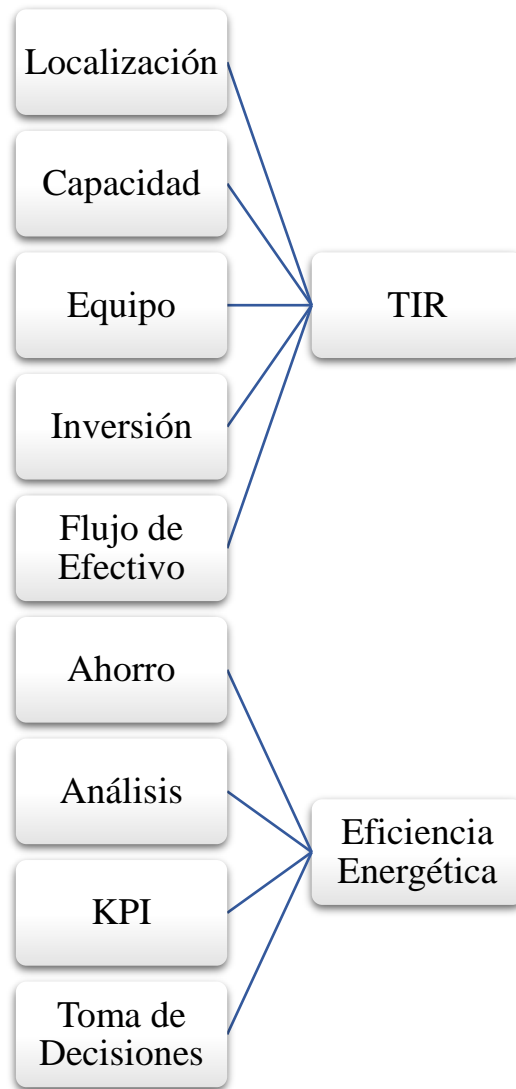


Figura 5 Diagrama de variables dependientes e independientes

Fuente: Propia

En la **Figura 5** se detallan las variables requeridas tanto del área técnica como financiera para poder determinar la TIR del proyecto siendo esta una de las variables dependientes. Otra variable dependiente de este proyecto es la eficiencia energética la cual tiene como variable independiente a la gestión energética.

Partiendo del análisis de las variables independientes se determinaron las dimensiones que las afectan y se detallan en la **Figura 6**.

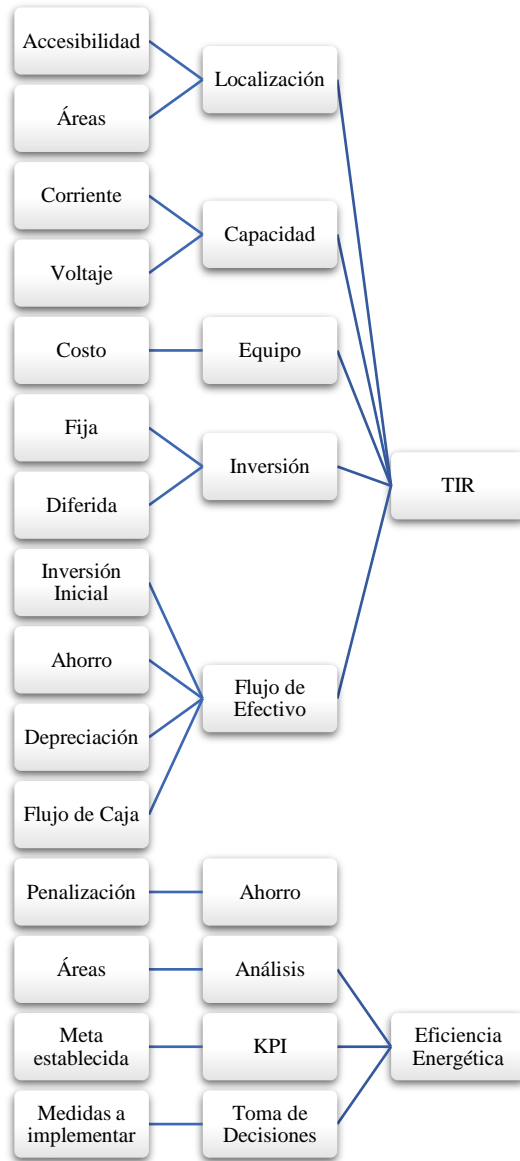


Figura 6 Diagrama de variables y dimensiones
Fuente: Propia

Con la identificación de todos los factores que se verán involucrados en la realización de este proyecto se realizó la siguiente tabla de operacionalización de variables.

Tabla 5 Operacionalización de variables independientes

| Variables Independientes | Definición | | Dimensiones | Indicador | Unidades o categorías | Escala |
|--------------------------|--|---|-------------------|-------------------------------------|-----------------------|----------|
| | Conceptual | Operacional | | | | |
| Localización | "Determinar o señalar el emplazamiento que debe tener alguien o algo" (Real Academia Española, 2014). | Seleccionar nuevos puntos de medición a instalar. | Accesibilidad | Puntos de medición | Discreta | Unidades |
| | | | Áreas | Centros de Costos | Discreta | Unidades |
| Capacidad | "Oportunidad, lugar o medio para ejecutar algo" (Real Academia Española, 2014). | Determinar la capacidad requerida para los transformadores de medición de acuerdo a la carga o intensidad de corriente. | Corriente | Amperios | Continua | Amp |
| | | | Voltaje | Voltios | Continua | V |
| Equipo | "Conjunto de aparatos constituido por una computadora y sus periféricos" (Real Academia Española, 2014). | Selección del equipo para la ejecución del proyecto. | Costo | Precio | Continua | Dólares |
| Inversión | "Emplear, gastar, colocar un caudal" (Real Academia Española, 2014). | Determinar el tipo y valor de los tipos de inversión en los que se incurre. | Fija | Activo tangible | Continua | Dólares |
| | | | Diferida | Activo intangible | | |
| Flujo de Efectivo | "Es un resumen de los flujos de efectivo de un periodo específico. El estado permite comprender mejor los flujos operativos, de inversión y financieros de la empresa, y los reconcilia con los cambios en su efectivo y sus valores negociables durante el periodo"(Gitman L. J., 2003, pág. 43). | Cálculo de los flujos de caja anuales mediante el análisis de los flujos de efectivo para la empresa. | Inversión inicial | Costo de Proyecto | Continua | Dólares |
| | | | Ahorro | Penalización tomada como ahorro | | |
| | | | Depreciación | Cálculo en base a activos tangibles | | |
| | | | Flujo de Caja | Valor neto de dinero | | |

Continuación de Tabla 5

| Variables Independientes | Definición | | Dimensiones | Indicador | Unidades o categorías | Escala |
|--------------------------|---|--|-----------------------|----------------------------------|-----------------------|------------|
| | Conceptual | Operacional | | | | |
| Ahorro | "Evitar un gasto o consumo mayor" (Real Academia Española, 2014). | Proyección del ahorro generado para los siguientes años mediante el cálculo de penalización por bajo factor de potencia. | Penalización | Factor de Potencia | Continua | Porcentaje |
| Análisis | "Estudio detallado de algo, especialmente de una obra o de un escrito" (Real Academia Española, 2014). | Examinar registro de lecturas de consumo | Áreas | Históricos de consumo de energía | Continua | kWh |
| KPI | "Los indicadores claves de rendimiento miden el desempeño de cada uno de los procesos que hacen parte de una estrategia de negocio, estos ayudan a las empresas a comprender la eficacia de los procesos con relación al logro de los objetivos" (Cristina, 2016, pág. 18). | Fijación de metas en base a valores razonables para mejora de eficiencia energética. | Meta establecida | Reducción de consumo | Continua | Porcentaje |
| Toma de Decisiones | "Proceso como un circuito cerrado que se inicia con la toma de conciencia de sobre un problema, seguido de un reconocimiento del mismo y su definición"(Ana Solano, 2003, pág. 45). | Disponer de medidas a ejecutar tomando en consideración el registro de datos y los equipo con que se cuenta. | Medidas a implementar | Acciones | Discreta | Unidades |

Fuente: Propia

Continuación de Tabla 5

| Variables Dependientes | Definición | | Dimensiones | Indicador | Unidades o categorías | Escala |
|------------------------|--|---|-----------------|--------------------|-----------------------|------------|
| | Conceptual | Operacional | | | | |
| TIR | “Es la tasa de descuento que iguala el VPN de una oportunidad de inversión con \$0” (Gitman & Zutter, 2012, pág. 372) | Tasa en la que la suma de los flujos descontados iguala la inversión inicial. | Tasa de interés | TIR interno | Discreta | Porcentaje |
| Eficiencia Energética | “Eficiencia energética: relación entre la cantidad producida de un servicio o utilidad y la cantidad de energía consumida para proporcionarlo” (Sancha Gonzalo, 2010, pág. 47) | Consumo óptimo de la energía disponible | Beneficio | Factura energética | Discreta | Porcentaje |

Fuente: Propia.

3.1.3. HIPÓTESIS

Las hipótesis son respuestas tentativas a los problemas de investigación. Se expresan en forma de una relación entre las variables dependiente e independiente. Las hipótesis son conjeturas tentativas porque su veracidad se puede evaluar solamente después de que se han probado empíricamente (Namakforoosh, 2000).

3.1.3.1 HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

Hi: La Instalación de un nuevo sistema de medición energética es factible si la TIR es mayor que la TIR mínima de 11% aceptable por Cementos del Norte S.A para sus proyectos.

3.1.3.2 HIPÓTESIS NULA

Ho: La Instalación de un nuevo sistema de medición energética no es factible si la TIR es menor o igual que la TIR mínima de 11% aceptable propuesta por Cementos del Norte S.A para sus proyectos.

3.2. ENFOQUE Y METODOS

El enfoque es la orientación metodológica de la investigación; constituye la estrategia general en el proceso de configurar (abordar, plantear, construir y solucionar) el problema científico. Expresa la dirección de la investigación. El enfoque incluye en si los métodos, principios y orientaciones más generales del sistema investigativo sin reducirlos a acciones instrumentales y determinaciones operacionales, ni a teorías o concepciones formalizadas y matematizadas (Ortiz Ocaña, 2015).

El enfoque de la investigación es cuantitativo si partimos de la afirmación de Hernández Sampieri (2014) en donde menciona que: “El enfoque cuantitativo utiliza la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, con el fin

establecer pautas de comportamiento y probar teorías” (pág. 4). Es este estudio se intenta justificar la instalación de nuevo equipo mediante el análisis técnico y financiero.

El diseño que se determinó para esta investigación se puede apreciar en la **Figura 7** siendo este No experimental – transeccional – descriptivo, tomando en consideración las definiciones que brinda Hernández Sampieri (2014). No experimental porque no se manipularán ninguna de las variables dependientes; transeccional debido a que las mediciones, toma de datos e información recabada corresponde al año 2020 y descriptivo porque se intenta demostrar la incidencia que las diferentes variables de estudio sobre la prefactibilidad del mismo.

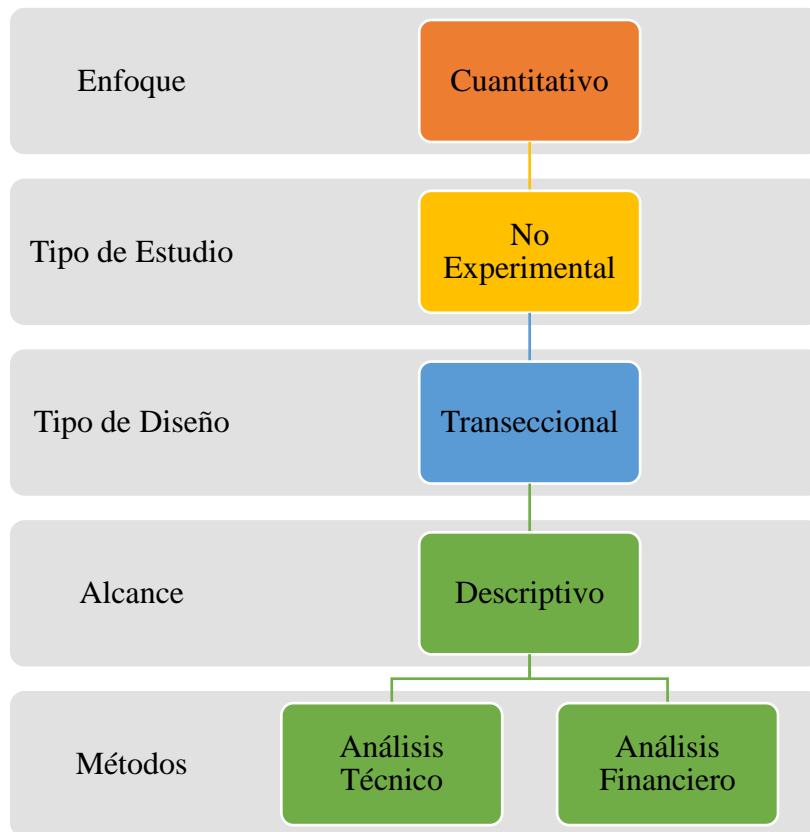


Figura 7 Diseño de investigación
Fuente: Propia

3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Hernández Sampieri (2014) define al diseño de la investigación como: “Plan o estrategia que se desarrolla para obtener la información que se requiere en una investigación y responder al planteamiento” (pág. 128).

Tabla 6 Diseño de investigación

| Actividades | Recursos | | Tiempo de Ejecución | Responsable |
|---|----------|--|---------------------|------------------------------|
| | Humanos | Materiales | | |
| Levantamiento de equipo en campo | 1 | Papel y pluma | 2 días | Victor Peña Jorge Aguilar |
| Identificación de nuevos puntos de medición | 1 | Papel y pluma | 7 días | Victor Peña Jorge Aguilar |
| Determinación de ruta para fibra óptica | 1 | Papel y pluma | 10 días | Victor Peña Jorge Aguilar |
| Elaboración de avances | 2 | Computadora, internet, Microsoft Word | 15 días | Victor Peña Jorge Aguilar |
| Revisión de ofertas | 1 | Computadora, internet, Adobe Reader | 7 días | Victor Peña Jorge Aguilar |
| Solicitud de datos autorizados por gerencia | 1 | Computadora, internet | 2 días | Victor Peña Jorge Aguilar |
| Elaboración de cálculos financieros | 1 | Computadora, Microsoft Excel, Internet | 7 días | Victor Peña Jorge Aguilar |
| Revisión y corrección de cálculos financieros | 2 | Computadora, internet, Microsoft Excel | 7 días | Victor Peña Jorge Aguilar |

3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS

3.4.3. INSTRUMENTOS

Para Hernández Sampieri (2014) un instrumento de medición es: “Recurso que utiliza el investigador para registrar información o datos sobre las variables que tiene en mente” (pág. 199). Con esta definición se puede establecer que el instrumento utilizado para este estudio es Microsoft Excel, software de hojas de cálculos y visualización de datos que se empleará para organización de información y cálculos financieros.

3.4.3. TÉCNICAS

A diferencia de los instrumentos que son donde se registran los datos obtenidos, las técnicas se refieren a la manera en cómo se obtienen dichos datos. Para este estudio se utilizaron las siguientes técnicas:

3.4.2.1 ENTREVISTA

Se entrevistó al gerente técnico de la empresa Cementos del Norte S.A. para aprobación de este estudio, además de información económica para realización de cálculos financieros.

3.4.2.2 MÉTODOS FINANCIEROS

Mediante la proyección de escenarios se obtiene el ahorro o pérdida generado en cada uno para así calcular la factibilidad financiera del proyecto por medio de la evaluación de la TIR obtenida; esto funcionará como sustento si el proyecto es viable o no. En el capítulo 4 sección 2 se explican cada uno de los pasos y métodos que se utilizaron.

3.5. FUENTES DE INFORMACIÓN

Una fuente de información es el lugar de donde se obtienen datos o información que habrá de ocuparse como parte del trabajo de investigación. Así una fuente de información es un libro, una revista, un periódico, un programa de televisión o radio o también pueden serlo en específico, un cuadro estadístico o una gráfica (Becerril, 1997).

3.5.3. FUENTES PRIMARIAS

“Proporcionan datos de primera mano, pues se trata de documentos que incluyen los resultados de los estudios correspondientes” (Hernández Sampieri, 2014, pág. 61).

Las fuentes primarias utilizadas son:

1. Cotizaciones por equipos.
2. Consumos históricos de energía por parte de la empresa.
3. Entrevistas a expertos.
4. Norma ISO 50001

3.5.3. FUENTES SECUNDARIAS

A diferencia de las fuentes primarias, las fuentes secundarias son todas aquellas fuentes de información que basan sus análisis en una tercera fuente en cuestión. Las fuentes secundarias son:

1. Libros sobre metodología de la investigación y presentación de proyectos ejemplo: “Metodología de la investigación” por Roberto Hernández Sampieri.
2. Libros y documentos sobre la gestión energética en la industria ejemplo: “Libro de eficiencia energética y energía renovable” por Yogi Goswami.
3. Libros sobre administración financiera ejemplo: “Principios de administración financiera” por Lawrence Gitman.

Toda información tomada de estas fuentes secundarias se encuentra debidamente citada y se puede encontrar en la sección de bibliografía del documento.

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y ANALISIS

4.1. ESTUDIO TÉCNICO

Un estudio técnico es importante en un plan de inversiones para que los directivos tomen decisiones acertadas, se lo debe realizar cuidadosamente, así mismo nos ayuda a distinguir esa particularidad que tal vez no logramos observar fácilmente. Su finalidad es determinar el desarrollo y comercialización de un bien o servicio, garantizando su calidad y cantidad, estableciendo la localización, el tamaño y las instalaciones que necesitan para ejecutar su negocio (Benalcazar, 2019).

4.1.1. TAMAÑO DEL PROYECTO

Para determinar el tamaño óptimo de la planta es necesario conocer con mayor precisión tiempos predeterminados o tiempos y movimientos del proceso, o en su defecto diseñar y calcular esos datos con una buena dosis de ingenio y de ciertas técnicas (Urbina, 2010).

4.1.1.1. CAPACIDAD

En la **Tabla 7** se puede observar los nuevos puntos de medición que se instalarán en este proyecto, considerando que son las áreas que se encuentran fuera de los puntos actuales. Este dato es de suma importancia ya que se debe de delimitar el alcance del proyecto; en otras palabras, se debe de establecer que se desea realizar y lo que se debe de hacer para alcanzarlo. Todos estos puntos representarán una medición de un equipo o conjunto de equipos, pero para que exista comunicación entre ellos es necesario interconectarlos mediante un protocolo de comunicación.

Ya que esta red será únicamente para la vigilancia y lectura de consumo energético se sugiere que exista una red única entre los equipos; debido a la distancia que existe entre todos los puntos de medición, se considera la instalación de fibra óptica para su comunicación además de la velocidad de transmisión de datos que se requiere y la seguridad que ofrece con respecto a las interferencias que pueden existir en el medio. Lastimosamente los equipos a instalar funcionan con protocolo ethernet por lo que es necesario instalar equipos para la conversión de fibra óptica

a ethernet, los cuales se instalarán en las ubicaciones descritas en la **Tablas 5** pudiendo apreciar su ubicación geográfica en la **Figura 10** de la sección de anexos.

Tabla 7 Nuevos puntos de medición a instalar

| Item | Descripción | Ubicación | Voltaje | Consumo corriente |
|------|-------------------------------------|-----------------------------|---------|-------------------|
| 1 | Nordberg | Cantera | 460VAC | 270A |
| 2 | Taller de Cisternas | Taller de Cisternas | 460VAC | 20A |
| 3 | Compresores para Linea #1 | MCC 1 horno 1 | 460VAC | 500A |
| 4 | MCC para Silo de Clinker #2 | MCC 2 horno 1 | 460VAC | 120A |
| 5 | Compresor 542-CA1 | Sala 4 | 460VAC | 250A |
| 6 | Acometida Molino FCB | Cuarto Eléctrico Molino FCB | 4160VAC | N/A |
| 7 | Motor Principal Molino FCB | Cuarto Eléctrico Molino FCB | 4160VAC | N/A |
| 8 | Ventilador 541-VE2 | Cuarto Eléctrico Molino FCB | 4160VAC | N/A |
| 9 | MCC para Equipos FCB | Cuarto Eléctrico Molino FCB | 4160VAC | N/A |
| 10 | Compresor 541-CA1 | Cuarto Eléctrico Molino FCB | 460VAC | 250A |
| 11 | Silos de Cemento | Envase 3 | 4160VAC | 35A |
| 12 | Envase 3 | Envase 3 | 4160VAC | 35A |
| 13 | Envase 1 | Envase 1 | 4160VAC | 35A |
| 14 | Básculas para Despacho de Cemento | Envase 3 | 460VAC | 30A |
| 15 | Oficinas Principales | Sala Antiguo Generador | 460VAC | 30A |
| 16 | Oficinas SAP | Sala Antiguo Generador | 460VAC | 25A |
| 17 | Oficinas Compras/Ventas | Sala Antiguo Generador | 460VAC | 30A |
| 18 | Bombas de agua Externas M01-BA5/BA6 | Tanques de Agua Externos | 460VAC | 120A |

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 8 Puntos de instalación fibra óptica para red de medición.

| Item | Descripción |
|------|---|
| 1 | Trituradora Titan |
| 2 | Trituradora Nordberg |
| 3 | Taller de Cisternas |
| 4 | Sala molino de crudo viejo |
| 5 | Bombas fuera de la planta |
| 6 | Cuarto de Switchboard envase 1 |
| 7 | Distribución oficinas (antiguo generador) |
| 8 | Molino de Cemento FCB |
| 9 | Paletizadora 1 |
| 10 | Envase 3 |
| 11 | Control Central viejo |
| 12 | Envase 1 |
| 13 | Sala Eléctrica #1 |

Fuente: Elaboración propia.

4.1.1.2. PLANES DE AMPLIACIÓN

Viloria (2008) afirma que la energía es la capacidad de los cuerpos o conjuntos de éstos para desarrollar un determinado trabajo. La energía está en el calor y la luz del Sol, el viento, el agua del río, la madera al arder, los vegetales, un trozo de carbón, un determinado gas, un líquido, etc. Lo que nos dice Viloria con esta afirmación es que la energía la podemos encontrar en diferentes formas ya sea como energía eléctrica, energía solar, energía hidráulica, energía eólica, etc. Todo este tipo de energías pueden ser medibles mediante diferentes tipos de dispositivos y a su vez cuantificable en cuanto a costos se refiere. Con el sistema de medición a instalar en Cementos del Norte S.A., existe la posibilidad de, además de medir el consumo eléctrico, medir otras fuentes de energía que se ven involucradas en la elaboración de cemento, como puede ser el poder calorífico del bunker empleado en el horno, el volumen de agua utilizada en los molinos de cemento y hasta el volumen de aire comprimido que generan los compresores; todo esto para determinar costos de producción de cada elemento mencionado. Esto se puede lograr mediante la instalación de módulos de medición específicos para cada tipo de medición en la red de medición eléctrica que ya existiría lo que le daría un valor agregado a futuro al proyecto actual.

4.1.2. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

“El objetivo general de este punto es, por supuesto, llegar a determinar el sitio donde se instalará la planta” (Urbina, 2010, pág. 86).

La ubicación de este proyecto se llevará a cabo dentro la planta de Cementos del Norte S.A. cuya ubicación queda en Río Bijao, Choloma Cortes, Honduras C.A. Para esto se diseñó una ruta de instalación de fibra de vidrio en la que todos los puntos estarán comunicados siendo esta red únicamente para el sistema de medición. La ubicación de los puntos de medición se consideró de manera estratégica para realizar las lecturas por centros de costos. Este diseño se puede apreciar en la **Figura 10** en la sección de anexos.

4.1.3. INGENIERIA DEL PROYECTO

El objetivo general del estudio de ingeniería del proyecto es resolver todo lo concerniente a la instalación y el funcionamiento de la planta. Desde la descripción del proceso, adquisición de equipo y maquinaria se determina la distribución optima de la planta, hasta definir la estructura jurídica y de organización que habrá de tener la planta productiva (Urbina, 2010).

4.1.3.1 SELECCIÓN DE MAQUINARIA Y EQUIPO

Tabla 9 Materiales para la instalación de red de comunicación.

| Área | Descripción | Cantidad | Precio Unitario | Total |
|----------------------------|--|---------------------------------|-----------------|------------|
| Taller de Cisternas | Suministro e Instalación de Red de Fibra Óptica Monomodo de 6 Hilos. | 1 | \$1,092.10 | \$1,092.10 |
| | Gabinete FGR Polyester IP66 Puerta Opaca | 1 | \$467.83 | \$467.83 |
| | Caja de fibra miniatura de montaje en pared SDX | 1 | \$144.71 | \$144.71 |
| | PATCH CORD DE FIBRA SM OS2 SC-LC 2M MODELO UPDCL-S02 DE LEVITON | 2 | \$20.15 | \$40.30 |
| | IP30 Industrial 8 | 1 | \$446.00 | \$446.00 |
| | | TOTAL PARA ESTA POSICIÓN | | \$2,190.94 |
| Sala molino de crudo viejo | Suministro e Instalación de Red de Fibra Óptica Monomodo de 6 Hilos. | 1 | \$828.87 | \$828.87 |
| | Gabinete FGR Polyester IP66 Puerta Opaca | 1 | \$467.83 | \$467.83 |
| | Caja de fibra miniatura de montaje en pared SDX | 1 | \$144.71 | \$144.71 |
| | IP30 Industrial 8 | 1 | \$446.00 | \$446.00 |
| | PATCH CORD DE FIBRA SM OS2 SC-LC 2M MODELO UPDCL-S02 DE LEVITON | 2 | \$20.15 | \$40.30 |
| | | TOTAL PARA ESTA POSICIÓN | | \$1,927.71 |
| Bombas fuera de la planta | Suministro e Instalación de Red de Fibra Óptica Monomodo de 6 Hilos. | 1 | \$1,892.31 | \$1,892.31 |
| | Gabinete FGR Polyester IP66 Puerta Opaca | 1 | \$467.83 | \$467.83 |
| | Caja de fibra miniatura de montaje en pared SDX | 1 | \$144.71 | \$144.71 |
| | PATCH CORD DE FIBRA SM OS2 SC-LC 2M MODELO UPDCL-S02 DE LEVITON | 2 | \$20.15 | \$40.30 |
| | IP30 Industrial 8 | 1 | \$446.00 | \$446.00 |
| | | TOTAL PARA ESTA POSICIÓN | | \$2,991.15 |

Continuación de Tabla 9

| Área | Descripción | Cantidad | Precio Unitario | Total |
|---|---|---------------------------------|-----------------|------------|
| Cuarto de Switchboard envase 1 | Suministro e Instalación de Red de Fibra Óptica Monomodo de 6 Hilos. | 1 | \$1,125.01 | \$1,125.01 |
| | Gabinete FGR Polyester IP66 Puerta Opaca | 1 | \$467.83 | \$467.83 |
| | Caja de fibra miniatura de montaje en pared SDX | 1 | \$144.71 | \$144.71 |
| | IP30 Industrial 8 | 1 | \$476.00 | \$476.00 |
| | PATCH CORD DE FIBRA SM OS2 SC-LC 2M MODELO UPDCL-S02 DE LEVITON | 2 | \$20.15 | \$40.30 |
| | Suministro e Instalación de PDU | 1 | \$97.45 | \$97.45 |
| | | TOTAL PARA ESTA POSICIÓN | | \$2,351.30 |
| Distribución oficinas (antiguo generador) | Suministro e Instalación de Red de Fibra Óptica Monomodo de 6 Hilos. | 1 | \$1,651.48 | \$1,651.48 |
| | Caja de Distribución y empalmes de montaje en Rack 500i SDX de 1 unidad de bastidor | 1 | \$183.56 | \$183.56 |
| | IP30 Industrial 8 | 1 | \$446.00 | \$446.00 |
| | PATCH CORD DE FIBRA SM OS2 SC-ST 2M | 2 | \$20.15 | \$40.30 |
| | Cierre de Empalme de Fibras horizontal | 1 | \$95.00 | \$95.00 |
| | Suministro e Instalación de PDU | 1 | \$97.45 | \$97.45 |
| | | TOTAL PARA ESTA POSICIÓN | | \$2,513.79 |
| Molino de Cemento FCB | Suministro e Instalación de Red de Fibra Óptica Monomodo de 6 Hilos. | 1 | \$861.77 | \$861.77 |
| | Gabinete FGR Polyester IP66 Puerta Opaca | 1 | \$467.83 | \$467.83 |
| | Caja de fibra miniatura de montaje en pared SDX | 1 | \$144.71 | \$144.71 |
| | IP30 Industrial 8 | 1 | \$446.00 | \$446.00 |
| | PATCH CORD DE FIBRA SM OS2 SC-LC 2M MODELO UPDCL-S02 DE LEVITON | 2 | \$20.15 | \$40.30 |
| | | TOTAL PARA ESTA POSICIÓN | | \$1,960.61 |
| Envase 3 y switchboard 1 | Suministro e Instalación de Red de Fibra Óptica Monomodo de 6 Hilos. | 1 | \$1,171.23 | \$1,171.23 |
| | PATCH CORD DE FIBRA SM OS2 SC-LC 2M MODELO UPDCL-S02 DE LEVITON | 2 | \$20.15 | \$40.30 |
| | | TOTAL PARA ESTA POSICIÓN | | \$1,211.53 |

Continuación de Tabla 9

| Área | Descripción | Cantidad | Precio Unitario | Total |
|-----------------------|---|----------|-----------------|----------|
| Paletizadora 1 | Suministro e Instalación de Red de Fibra Óptica Monomodo de 6 Hilos. | 1 | \$861.77 | \$861.77 |
| | Gabinete FGR Polyester IP66 Puerta Opaca | 1 | \$467.83 | \$467.83 |
| | Caja de fibra miniatura de montaje en pared SDX | 1 | \$144.71 | \$144.71 |
| | IP30 Industrial 8 | 1 | \$446.00 | \$446.00 |
| | PATCH CORD DE FIBRA SM OS2 SC-LC 2M MODELO UPDCL-S02 DE LEVITON | 2 | \$20.15 | \$40.30 |
| | TOTAL PARA ESTA POSICIÓN | | | |
| Control Central viejo | Reacondicionamiento de Gabinetes/Rack en Cuartos de comunicaciones | 1 | \$125.00 | \$125.00 |
| | Caja de Distribución y empalmes de montaje en Rack 500i SDX de 1 unidad de bastidor | 1 | \$230.68 | \$230.68 |
| | Suministro e instalación de Ordenador de 1U Levito | 1 | \$17.74 | \$17.74 |
| | PATCH CORD DE FIBRA SM OS2 SC-LC 2M MODELO UPDCL-S02 DE LEVITON | 2 | \$20.15 | \$40.30 |
| | IP30 Industrial L3 | 1 | \$686.00 | \$686.00 |
| | Mini GBIC WDM TX1310 Module - 10KM | 2 | \$26.00 | \$52.00 |
| | Fuente de Alimentación Din-Rail 8V, 120W | 1 | \$60.00 | \$60.00 |
| | Panel de conexión blindado QuickPort, 24 puertos, 1RU | 1 | \$49.15 | \$49.15 |
| | Conector protegido Cat 5e QuickPort Atlas-X1 con obturadores | 24 | \$7.36 | \$176.64 |
| | Patch Cord de interconexión protegida Cat 5e Atlas-X1, 1.5m | 8 | \$6.27 | \$50.16 |
| | Suministro e Instalación de PDU | 1 | \$97.45 | \$97.45 |
| | TOTAL PARA ESTA POSICIÓN | | | |

Continuación de Tabla 9

| Área | Descripción | Cantidad | Precio Unitario | Total |
|---------------------------------|---|----------|-----------------|------------|
| Envase 3 | Reacondicionamiento de Gabinetes/Rack en Cuartos de comunicaciones | 1 | \$125.00 | \$125.00 |
| | Caja de Distribución y empalmes de montaje en Rack 500i SDX de 1 unidad de bastidor | 1 | \$183.56 | \$183.56 |
| | Suministro e instalación de Ordenador de 1U Levito | 1 | \$17.74 | \$17.74 |
| | PATCH CORD DE FIBRA SM OS2 SC-LC 2M MODELO UPDCL-S02 DE LEVITON | 2 | \$20.15 | \$40.30 |
| | IP30 Industrial L3 | 1 | \$686.00 | \$686.00 |
| | Panel de conexión blindado QuickPort, 24 puertos, 1RU | 1 | \$49.15 | \$49.15 |
| | Conector protegido Cat 5e QuickPort Atlas-X1 con obturadores | 12 | \$7.36 | \$88.32 |
| | Patch Cord de interconexión protegida Cat 5e Atlas-X1, 1.5m | 12 | \$6.27 | \$75.24 |
| | Suministro e Instalación de PDU | 1 | \$97.45 | \$97.45 |
| | TOTAL PARA ESTA POSICIÓN | | | |
| Envase 1 | Reacondicionamiento de Gabinetes/Rack en Cuartos de comunicaciones | 1 | \$125.00 | \$125.00 |
| | Caja de Distribución y empalmes de montaje en Rack 500i SDX de 1 unidad de bastidor | 1 | \$183.56 | \$183.56 |
| | Panel de conexión blindado QuickPort, 24 puertos, 1RU | 1 | \$49.15 | \$49.15 |
| | Conector protegido Cat 5e QuickPort Atlas-X1 con obturadores | 8 | \$7.36 | \$58.88 |
| | Patch Cord de interconexión protegida Cat 5e Atlas-X1, 1.5m | 8 | \$6.27 | \$50.16 |
| | Suministro e instalación de Ordenador de 1U Levito | 1 | \$17.74 | \$17.74 |
| | PATCH CORD DE FIBRA SM OS2 SC-LC 2M MODELO UPDCL-S02 DE LEVITON | 2 | \$20.15 | \$40.30 |
| | IP30 Industrial L3 | 1 | \$686.00 | \$686.00 |
| | IP30 Slim | 2 | \$95.70 | \$191.40 |
| | Suministro e Instalación de PDU | 1 | \$97.45 | \$97.45 |
| TOTAL PARA ESTA POSICIÓN | | | | \$1,499.64 |

Continuación de Tabla 9

| Área | Descripción | Cantidad | Precio Unitario | Total |
|-----------------------|---|----------|-----------------|------------|
| Control Central Nuevo | Reacondicionamiento de Gabinetes/Rack en Cuartos de comunicaciones | 1 | \$125.00 | \$125.00 |
| | Caja de Distribución y empalmes de montaje en Rack 500i SDX de 1 unidad de bastidor | 1 | \$183.56 | \$183.56 |
| | Suministro e instalación de Ordenador de 1U Levito | 1 | \$17.74 | \$17.74 |
| | IP30 19 Modelo IGS-6325-20S4C4X | 1 | \$966.00 | \$966.00 |
| | Mini GBIC WDM TX1310 Module - 10KM | 24 | \$19.80 | \$475.20 |
| | IP30 19 Modelo IGS-6325-20T4C4X | 1 | \$933.90 | \$933.90 |
| | 10G SFP+ cable de cobre de conexión directa - 0.5 metros | 1 | \$39.60 | \$39.60 |
| | Suministro e Instalación de PDU | 2 | \$97.45 | \$194.90 |
| | PATCH CORD DE FIBRA SM OS2 SC-LC 2M MODELO UPDCL-S02 DE LEVITON | 2 | \$20.15 | \$40.30 |
| | Panel de conexión blindado QuickPort, 24 puertos, 1RU | 1 | \$49.15 | \$49.15 |
| | Conector protegido Cat 5e QuickPort Atlas-X1 con obturadores | 24 | \$7.36 | \$176.64 |
| | Patch Cord de interconexión protegida Cat 5e Atlas-X1, 1.5m | 12 | \$6.27 | \$75.24 |
| | TOTAL PARA ESTA POSICIÓN | | | \$3,277.23 |

Continuación de Tabla 9

| Área | Descripción | Cantidad | Precio Unitario | Total |
|------------------------|---|----------|------------------|-------------|
| Sala Eléctrica #1 | Reacondicionamiento de Gabinetes/Rack en Cuartos de comunicaciones | 1 | \$125.00 | \$125.00 |
| | Caja de Distribución y empalmes de montaje en Rack 500i SDX de 1 unidad de bastidor | 1 | \$230.68 | \$230.68 |
| | Suministro e instalación de Ordenador de 1U Levito | 1 | \$17.74 | \$17.74 |
| | IP30 Industrial 8 | 1 | \$446.00 | \$446.00 |
| | Mini GBIC WDM TX1310 Module - 10KM | 1 | \$19.80 | \$19.80 |
| | Suministro e Instalación de PDU | 1 | \$97.45 | \$97.45 |
| | PATCH CORD DE FIBRA SM OS2 SC-LC 2M MODELO UPDCL-S02 DE LEVITON | 2 | \$20.15 | \$40.30 |
| | Panel de conexión blindado QuickPort, 24 puertos, 1RU | 1 | \$49.15 | \$49.15 |
| | Conector protegido Cat 5e QuickPort Atlas-X1 con obturadores | 8 | \$7.36 | \$58.88 |
| | Patch Cord de interconexión protegida Cat 5e Atlas-X1, 1.5m | 8 | \$6.27 | \$50.16 |
| | TOTAL PARA ESTA POSICIÓN | | | \$1,135.16 |
| Adicionales Inventario | IP30 Industrial 8 | 1 | \$446.00 | \$446.00 |
| | PATCH CORD DE FIBRA SM OS2 SC-LC 2M MODELO UPDCL-S02 DE LEVITON | 1 | \$20.15 | \$20.15 |
| | Media Converter Modelo GT-805A | 2 | \$95.70 | \$191.40 |
| | Kit de Mini GBIC WDM TX1310 Module - 10KM | 1 | \$52.00 | \$52.00 |
| | Conector protegido Cat 5e QuickPort Atlas-X1 con obturadores | 5 | \$7.36 | \$36.80 |
| | Patch Cord de interconexión protegida Cat 5e Atlas-X1, 1.5m | 5 | \$6.27 | \$31.35 |
| | TOTAL PARA ESTA POSICIÓN | | | \$777.70 |
| | | | SUB-TOTAL | \$32,669.02 |
| | | | ISV 15% | \$4,900.35 |
| | | | TOTAL | \$37,569.37 |

Fuente: Propia.

Tabla 10 Hardware para el sistema de medición

| Hardware para Sistema de Medición | | | |
|--|-----------------|------------------------|--------------|
| Descripción | Cantidad | Precio Unitario | Total |
| LOGO!POWER 24V/2.5A | 18 | \$55.00 | \$990.00 |
| SIMATIC ET 200SP, MultiFieldbus, 2-port interface module, IM 155-6MF High Feature, PN IO, Ethernet IP, Modbus TCP, 1 slot for Bus Adapter, max. 64 I/O modules and 16 ET 200AL modules, multi-hot swap, optional cable grip, including server module | 18 | \$390.00 | \$7,020.00 |
| SIMATIC ET 200SP, Bus Adapter BA 2xRJ45, 2 RJ45 sockets for PROFINET | 18 | \$65.00 | \$1,170.00 |
| SIMATIC ET 200SP, Analog input module, AI Energy Meter 480V AC/CT HF for 1A/5A current transformer, class S power analyzer, FITS TO BU-TYPE U0, channel diagnosis | 18 | \$375.00 | \$6,750.00 |
| SIMATIC ET 200SP, BaseUnit BU20-P12+A0+0B, BU type D0, Push-in terminals, without AUX terminals, bridged to the left, WxH: 20 mmx117 mm | 18 | \$35.00 | \$630.00 |
| | | SUBTOTAL | \$16,560.00 |
| | | ISV 15% | \$2,484.00 |
| | | TOTAL | \$19,044.00 |

Fuente: Propia.

Tabla 11 Transformadores para sistema de medición

| Transformadores | | | |
|--|-----------------|------------------------|--------------|
| Descripción | Cantidad | Precio Unitario | Total |
| 9-part measuring rail | 1 | \$81.70 | \$81.70 |
| 15-part measuring rail | 1 | \$96.17 | \$96.17 |
| Module 1% accuracy and pulse output | 3 | \$68.94 | \$206.82 |
| Module 0.2% accuracy and pulse output | 3 | \$123.83 | \$371.49 |
| Controlador principal | 1 | \$744.68 | \$744.68 |
| Connection cable controller measuring rail 30.4 cm | 1 | \$26.81 | \$26.81 |
| Connection cable controller measuring rail 60.9 cm | 1 | \$37.02 | \$37.02 |
| Solid core transformador de corriente 50:0.1 | 3 | \$32.51 | \$97.53 |
| Solid core transformador de corriente 125:0.1 | 3 | \$45.53 | \$136.59 |
| Solid core transformador de corriente 250:0.1 | 3 | \$72.34 | \$217.02 |
| Solid core transformador de corriente 400:0.1 | 3 | \$95.32 | \$285.96 |
| Split core transformador de corriente 50:0.1 | 3 | \$83.40 | \$250.20 |
| Split core transformador de corriente 125:0.1 | 3 | \$86.81 | \$260.43 |
| Split core transformador de corriente 250:0.1 | 3 | \$88.51 | \$265.53 |
| Split core transformador de corriente 400:0.1 | 3 | \$103.83 | \$311.49 |
| SENTRON PAC3220 LCD 96 × 96 mm Dispositivo de vigilancia eléctrica incorporado en panel para medir magnitudes eléctricas | 1 | \$680.00 | \$680.00 |
| | | SUBTOTAL | \$4,069.44 |
| | | ISV 15% | \$610.42 |
| | | TOTAL | \$4,679.86 |

Fuente: Propia.

Tabla 12 Software para el sistema de medición

| Software para el sistema de medición | | |
|---|-----------------|---------------|
| Descripción | Cantidad | Total |
| Suministro de sistema virtualizado para hosting de los siguientes sistemas: - Servidor Energy Manager PRO. - Servidor SIMATIC PCS 7, captura de datos y control de celdas de media tensión. - Cliente 1/Estación de ingeniería SIMATIC PCS 7. - Cliente 2 SIMATIC PCS 7. - Incluye consola de administración. - Incluye 4 Thin Clients para acceso a máquinas virtuales. | 1 | \$27,321.54 |
| Licencias sistema de registro de datos eléctricos de medidores de energía y control de celdas de media tensión utilizando SIMATIC PCS 7, SIMATIC Powercontrol y SIMATIC Telecontrol. Incluye Licencias OPEN PCS 7 para intercambio de datos a través de OPC UA. Incluye Licencias OPEN OS para creación de block icons y faceplates personalizados para medidores de energía a través de MODBUS/TCP. Incluye funciones para integración de relés de protección bajo el protocolo IEC61850/DNP3. | 1 | \$61,790.89 |
| Licencias sistema de gestión de energía basado en SIMATIC Energy Manager PRO | 1 | \$ 48,257.78 |
| Servicios de ingeniería y puesta en marcha para sistema de control de subestaciones y sistema de gestión de energía: - Programación de sistema de control basado en SIMATIC PCS 7 y Powercontrol para manejo de celdas de media tensión. - Programación de registro de variables eléctricas de 82 medidores de energía de planta, incluye creación de variables de almacenamiento, tendencias, block icons y faceplates para medidores de energía. - Creación de pantallas para operación del sistema. - Parametrización de sistema de gestión energética para registro de consumos, costos, reportes, cálculo de indicadores energéticos por zona de la planta (trituration, crudo, horno, enfriador, molinos, silos, auxiliares, etc.). - Creación de reportes a la medida del usuario. - Parametrización de sistema para predicción de consumo. - Entrenamiento a personal de mantenimiento, proyectos y operativo a gestionar el sistema. - Puesta en marcha y pruebas operativas. - Incluye visita de 2 especialistas por 1 semana en sitio para ajustes y acompañamiento de la puesta en servicio. | 1 | \$18,229.33 |
| | SUBTOTAL | \$155,599.54 |
| | ISV 15% | \$ 23,339.93 |
| | TOTAL | \$ 178,939.47 |

Fuente: Propia

4.1.3.2. SEGURIDAD INDUSTRIAL

La seguridad industrial en el concepto moderno significa más que una simple situación de seguridad física, una situación de bienestar personal, un ambiente de trabajo idóneo, una economía de costos importantes o una imagen de modernización y filosofía de vida humana en el marco de la actividad laboral contemporánea (Cavassa, 2005). Cementos del Norte S.A. consta de una política de protección y seguridad para todo personal ya sea propio o contratista; en la ejecución de cualquier trabajo a realizar se debe de realizar un análisis de los peligros potenciales que existen. Para la instalación de este sistema de medición se identifican los peligros de choque y arco eléctrico los cuales se eliminarán mediante la desenergización del equipo. Esta desenergización consiste en apagar o eliminar la alimentación eléctrica, algo muy sensible para la operación de cualquier máquina, así sea por un breve periodo de tiempo, debido a que esto representa una pérdida para la empresa, es por eso que la instalación de este sistema de medición se realizará durante los paros programados por mantenimiento de los equipos.

4.2. ESTUDIO FINANCIERO

4.2.1. INVERSIÓN INICIAL

“La inversión inicial comprende la adquisición de todos los activos fijos o tangibles y diferidos o intangibles necesarios para iniciar las operaciones de la empresa, con excepción del capital de trabajo” (Baca Urbina, 2010, pág. 143). Como se puede observar en la **Tabla 13**, la inversión del proyecto se encuentra dividida en fija y diferida. La división de la inversión, así como los valores económicos se obtuvieron de las **Tablas 9** hasta la **Tabla 12**, mismas tablas donde se justifican la cantidad a comprar como los valores unitarios. Cabe destacar que este proyecto no requiere de capital de trabajo, sino que es inversión pura por parte de los inversionistas.

Tabla 13 Inversión inicial según tipo

| Plan de Inversión | | |
|---------------------------|----------------------|--------------------------------|
| Inversión Fija | | Porcentaje de Inversión |
| Red de Comunicación | \$ 37,569.37 | 15.64% |
| PLCs y Hardware | \$ 19,044.00 | 7.93% |
| Transformadores | \$ 4,679.86 | 1.95% |
| Inversión Diferida | | |
| Sofwares y Licencias | \$ 157,975.74 | 65.76% |
| Servicio de Ingeniería | \$ 20,963.73 | 8.73% |
| Total | \$ 240,232.70 | |

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2. DEPRECIACIÓN DE ACTIVOS FIJOS

El valor de casi todos los activos se reduce con el pase del tiempo, desde el momento en el que compra o se ponen en servicio. Ha está perdida de valor se le conoce como depreciación. Cada activo tiene un valor de rescate que supuestamente tiene o tendrá al final de su vida útil. Al valor del activo se le resta este valor de rescate para obtener el valor que se va a depreciar. Para este proyecto los activos fijos a depreciar son la red comunicación, el hardware y los transformadores. Los activos cuentan con una vida útil de 5 y 10 años según la resolución 03-2010. El gasto total de la depreciación es de \$9,787.40.

Tabla 14 Depreciación de Activos Fijos

| Depreciación de Activos | | | | |
|--------------------------------|----------------------------|------------------------|------------------------|--------------|
| | Red de Comunicación | PLCs y Hardware | Transformadores | Total |
| Activo | \$ 37,569.37 | \$ 19,044.00 | \$ 4,679.86 | |
| Valor Rescate 1% | \$ 375.69 | \$ 190.44 | \$ 46.80 | |
| Valor a Depreciar | \$ 37,193.68 | \$ 18,853.56 | \$ 4,633.06 | |
| Vida Útil | 5 | 10 | 10 | |
| Gasto Depreciación | \$ 7,438.74 | \$ 1,885.36 | \$ 463.31 | \$ 9,787.40 |

Fuente: Elaboración Propia

4.2.3. AMORTIZACIÓN

Para la ejecución del proyecto se ha categorizado los activos intangibles, que según las normas de contabilidad de estos se deben de amortizar en diez años. Para este proyecto se toman en cuenta la amortización de los softwares y los servicios de ingeniería.

Tabla 15 Amortización de Activos

| Amortización de Activos | | | |
|-------------------------|-----------------------|------------------------|--------------|
| | Softwares y Licencias | Servicio de Ingeniería | Total |
| Activo | \$ 157,975.74 | \$ 20,963.73 | |
| Vida Útil | 10 | 10 | |
| Gasto de Amortización | \$ 15,797.57 | \$ 2,096.37 | \$ 17,893.95 |

Fuente: Elaboración Propia

4.2.4. COSTOS DE OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

Para este proyecto, los costos de operación y mantenimiento son despreciables debido a que, la operación de este sistema será de manera autónomo sin un requerimiento de personal únicamente para su operación diaria. Con el mantenimiento de los equipos; en Cementos del Norte S.A. existe una rutina de inspecciones preventivas llamadas “Inspecciones VOSO” las cuales consisten en una serie de revisiones física, visuales y técnicas a todos los equipos críticos de la planta. Los puntos de medición a instalar son lugares estratégicos en los cuales ya existen otros equipos a inspeccionar por lo que solo se deberá de incluir estos nuevos equipos a la rutina de inspección.

Un valor importante para considerar es el “upgrade” o actualización de equipos; como se mencionó en el análisis técnico, este sistema de medición consta de softwares y equipos de medición, para los cuales se tiene proyectado una actualización dentro de 5 años teniendo un valor de \$18,000 de la inversión diferida.

4.2.5. AHORRO GENERADO

Como se había descrito en la teoría de sustento, la gestión energética no crea ganancia a la empresa directamente, sino que se su beneficio se mide económicamente mediante el ahorro que se generará. Para este caso se evaluará el ahorro generado mediante el control del factor de potencia de la planta utilizando la lectura en tiempo real del sistema de medición que se plantea en el estudio.

La ley indica que los usuarios que consisten en “Servicio industrial en alta tensión con puntos de entrega y de medición único en tensión primaria (13.8, 34.5, 69, 138, 230 kV o mayor)” corresponden a la tarifa “D” y se requiere que estos tengan un factor de potencia mínimo de 90%, caso contrario serán penalizados. Para análisis se realizará una proyección en base al factor de potencia que puede obtener Cementos del Norte S.A. y la penalización que este representa.

Debido a que “los grandes consumidores” de la planta son motores de 4.16 kV a un factor de potencia de 0.8, existiendo además de estos, una gran cantidad de motores eléctricos de bajo voltaje con factor de potencia de 0.9 lo que compensa el factor de potencia general de la planta, por lo que se considerará que el factor de potencia mínimo a poder obtener será de 0.85 para efectos del estudio.

En la **Tabla 16** se pueden observar el consumo de kWh mensual y anual que tuvo Cementos del Norte desde el año 2015 hasta el 2020.

Tabla 16 Historial de consumo en kWh

| Consumo en kWh | | | | | | |
|--------------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|------------|
| | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
| Enero | 9,136,000 | 6,098,000 | 9,738,778 | 7,510,952 | 7,916,718 | 6,240,813 |
| Febrero | 6,036,000 | 7,648,000 | 10,888,896 | 8,694,643 | 10,437,902 | 7,033,362 |
| Marzo | 10,358,000 | 9,108,000 | 8,995,967 | 10,515,209 | 11,550,167 | 7,702,357 |
| Abril | 7,488,000 | 9,712,000 | 8,021,000 | 10,273,844 | 9,467,315 | 3,003,170 |
| Mayo | 7,240,000 | 8,556,000 | 10,688,617 | 10,039,984 | 11,519,623 | 6,439,992 |
| Junio | 8,786,000 | 9,840,000 | 8,920,551 | 9,324,941 | 10,581,203 | 7,779,367 |
| Julio | 11,020,000 | 8,158,742 | 11,813,414 | 7,436,685 | 7,401,304 | 8,859,620 |
| Agosto | 7,676,000 | 9,315,272 | 10,880,064 | 9,979,759 | 9,379,157 | 10,129,728 |
| Septiembre | 8,124,000 | 7,100,087 | 10,210,958 | 8,875,054 | 9,508,018 | 10,179,927 |
| Octubre | 7,316,000 | 8,928,565 | 8,984,749 | 6,957,013 | 10,325,853 | 11,618,161 |
| Noviembre | 6,738,000 | 6,786,675 | 11,496,089 | 9,417,303 | 10,402,950 | 8,088,121 |
| Diciembre | 6,786,000 | 6,504,806 | 4,618,124 | 9,934,450 | 10,938,880 | 9,338,000 |
| Total Anual | 96,704,000 | 97,756,147 | 115,257,207 | 108,959,836 | 119,429,092 | 96,412,617 |

Fuente: Cementos del Norte S.A.

A partir de los datos de la **Tabla 16** se procedió a sacar un promedio mensual del consumo en kWh para cada año, los cuales se pueden observar en la **Tabla 17**. El promedio del 2020 nos servirá para poder proyectar el consumo de kWh promedio de los siguientes años.

Tabla 17 Promedio de Consumo en kWh

| Promedio Consumo en kWh | |
|-------------------------|-----------|
| 2015 | 8,058,667 |
| 2016 | 8,146,346 |
| 2017 | 9,604,767 |
| 2018 | 9,079,986 |
| 2019 | 9,952,424 |
| 2020 | 8,034,385 |

Fuente: Elaboración propia

En la **Tabla 18** se observa el cambio del consumo en kWh de un año con respecto al otro. Este cambio es mensual al cual se le estimará un promedio anual para poder proyectar ese cambio en los siguientes años.

Tabla 18 Cambio del Consumo kWh 2016-2020

| Cambio del Consumo kWh | | | | | |
|------------------------|---------|---------|---------|--------|---------|
| | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
| Enero | -33.25% | 59.70% | -22.88% | 5.40% | -21.17% |
| Febrero | 26.71% | 42.38% | -20.15% | 20.05% | -32.62% |
| Marzo | -12.07% | -1.23% | 16.89% | 9.84% | -33.31% |
| Abril | 29.70% | -17.41% | 28.09% | -7.85% | -68.28% |
| Mayo | 18.18% | 24.93% | -6.07% | 14.74% | -44.10% |
| Junio | 12.00% | -9.34% | 4.53% | 13.47% | -26.48% |
| Julio | -25.96% | 44.79% | -37.05% | -0.48% | 19.70% |
| Agosto | 21.36% | 16.80% | -8.27% | -6.02% | 8.00% |
| Septiembre | -12.60% | 43.81% | -13.08% | 7.13% | 7.07% |
| Octubre | 22.04% | 0.63% | -22.57% | 48.42% | 12.52% |
| Noviembre | 0.72% | 69.39% | -18.08% | 10.47% | -22.25% |
| Diciembre | -4.14% | -29.00% | 115.12% | 10.11% | -14.63% |

Fuente: Elaboración propia

Una vez que obtenemos los promedios anuales del cambio del consumo en kWh que se reflejan en la **Tabla 19**, procederíamos a realizar una regresión lineal de estos para poder proyectar este cambio en los años siguientes. Como el 2020 no ha sido un año normal para las industrias por la pandemia, solo se usarán los años anteriores a este.

Tabla 19 Promedio del Cambio del Consumo en kWh anual

| Promedio Cambio del Consumo en kWh Anual | |
|--|---------|
| 2016 | 3.56% |
| 2017 | 20.45% |
| 2018 | 1.37% |
| 2019 | 10.44% |
| 2020 | -17.96% |

Fuente: Elaboración propia

Una vez realizada la regresión lineal, mediante la ecuación de la recta de la **Figura 9** podremos predecir ese cambio en el consumo en kWh para los años que vamos a proyectar.

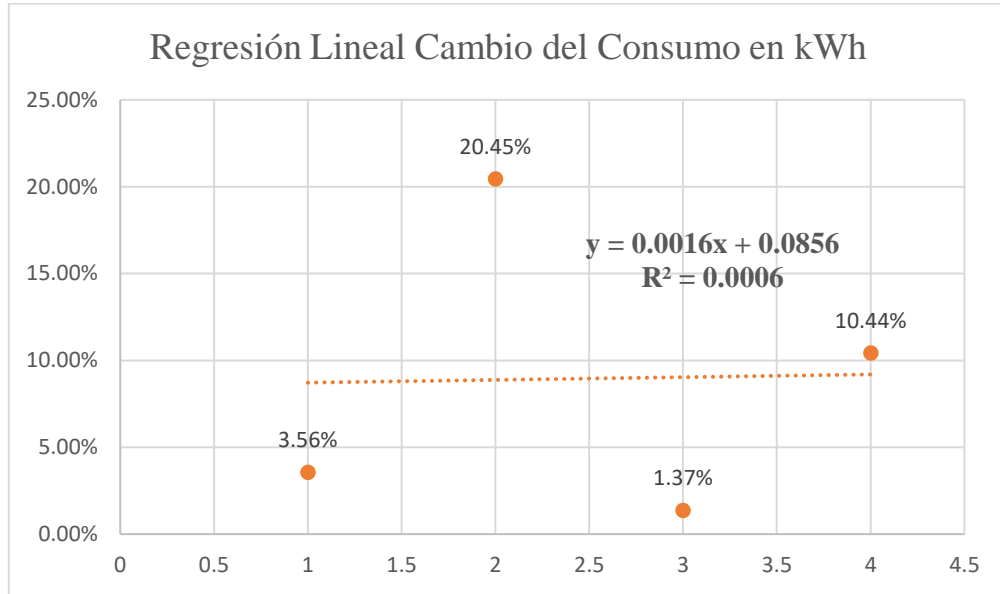


Figura 8 Regresión Lineal del Cambio del Consumo en kWh

En la **Tabla 20** se observan los promedios del incremento en el consumo de kWh para los siguientes años.

Tabla 20 Promedio del Cambio del Consumo en kWh Proyectado Anualmente

| Promedio kWh Proyectado Anualmente | |
|------------------------------------|--------|
| 2021 | 9.52% |
| 2022 | 9.68% |
| 2023 | 9.84% |
| 2024 | 10.00% |
| 2025 | 10.16% |

Fuente: Elaboración propia

Una vez proyectado los consumos en kWh de la **Tabla 20**, se procede a proyectar la tarifa en dolares por kWh para los siguientes años considerando la inflacion de cada uno.

Tabla 21 Consumo en kWh Proyectado Anualmente

| Consumo kWh Proyectado Anualmente | |
|-----------------------------------|------------|
| 2021 | 8,799,258 |
| 2022 | 9,651,026 |
| 2023 | 10,600,687 |
| 2024 | 11,660,756 |
| 2025 | 12,845,489 |

Fuente: Elaboración propia

La **Tabla 22** es un histórico de la inflación anual de USA, estos valores se utilizarán para realizar una regresión lineal y poder predecir la inflación de USA para los años futuros. Se requiere esta inflación y no la de Honduras porque la tarifa que se utiliza del costo por kWh es en dólares.

Tabla 22 Historial de Inflación Anual de USA

| Inflación Anual USA | |
|---------------------|-------|
| 2011 | 3.16% |
| 2012 | 2.07% |
| 2013 | 1.47% |
| 2014 | 1.62% |
| 2015 | 0.12% |
| 2016 | 1.26% |
| 2017 | 2.13% |
| 2018 | 2.44% |
| 2019 | 1.81% |
| 2020 | 1.23% |

Fuente: Elaboración propia según los datos del Banco Mundial

Mediante la ecuación de la **Figura 9** podremos predecir cómo será la inflación para los siguientes años. Una vez con esta inflación podremos calcular la tarifa del consumo en kWh de los siguientes años.

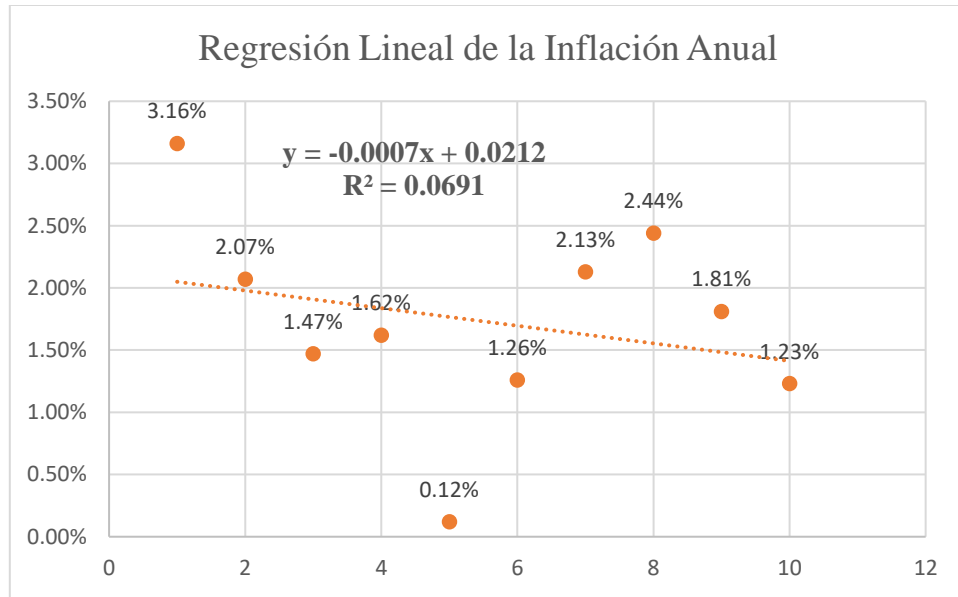


Figura 9 Regresión Lineal de la Inflación Anual de USA

Tabla 23 Inflación Proyectada Anualmente

| Inflación Anual Proyectada USA | |
|--------------------------------|-------|
| 2021 | 1.35% |
| 2022 | 1.28% |
| 2023 | 1.21% |
| 2024 | 1.14% |
| 2025 | 1.07% |

Fuente: Elaboración propia

Cementos del Norte S.A. para el año 2020 tiene una tarifa del consumo por kWh de \$0.122. Con la inflación de la **Tabla 23** y esta tarifa, calculamos las tarifas de la **Tabla 24** que tendrá para los siguientes años. Con esto se podrá hacer el cálculo de la penalización por tener un factor de potencia menor de 0.9.

Mediante un histórico del precio del carbón, evaluamos mediante la variación de su precio que la tarifa del consumo en kWh disminuirá para los siguientes años. Esto haría que el proyecto sea más viable, pero decidimos utilizar la inflación de USA ya que es más probable que la tarifa suba a que baje.

Tabla 24 Tarifa Anual Proyectada

| Tarifa Anual Proyectada | |
|-------------------------|----------|
| 2021 | \$ 0.124 |
| 2022 | \$ 0.125 |
| 2023 | \$ 0.127 |
| 2024 | \$ 0.128 |
| 2025 | \$ 0.130 |

Fuente: Elaboración propia

Como se ha mencionado la gestión energética no genera ganancias para la empresa directamente, el beneficio económico está en el ahorro. El ahorro en este caso sería la penalización que dejaría de pagar la empresa al tener un factor de potencia menor al 90%. Para efectos de análisis se usará un factor de potencia del 84% para poder calcular la penalización mediante la **Ecuación 12**.

Tabla 25 Penalización con un Factor de Potencia de 0.84

| Factor Potencia 0.84 | | | | | |
|-----------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
| Consumo kWh | 8,799,258 | 9,651,026 | 10,600,687 | 11,660,756 | 12,845,489 |
| Pago sin Penalización | \$ 1,088,001.88 | \$ 1,208,594.96 | \$ 1,343,583.71 | \$ 1,494,790.62 | \$ 1,664,280.62 |
| Penalización | \$ 77,714.42 | \$ 86,328.21 | \$ 95,970.26 | \$ 106,770.76 | \$ 118,877.19 |
| Pago Total | \$ 1,165,716.30 | \$ 1,294,923.18 | \$ 1,439,553.97 | \$ 1,601,561.38 | \$ 1,783,157.81 |

Fuente: Elaboración propia

4.2.6. TASA MÍNIMA DE RENDIMIENTO ACEPTABLE

La tasa mínima de rendimiento aceptable o TMRA es aquella tasa que solicitará un inversionista para obtener ganancia del proyecto, y para obtenerla se debe de considerar la tasa inflacionaria que existe y la tasa de ganancia que desea el inversionista (Baca Urbina, 2010). Cementos del Norte S.A. cuenta con una tasa mínima del 11%, la cual usaremos para poder determinar el Valor Actual Neto del Proyecto.

4.2.7. INDICADORES FINANCIEROS

Los indicadores financieros son los que nos ayudaran para poder determinar si un proyecto es viable o no. Primero tenemos que realizar nuestro flujo de efectivo operativo para calcular estos indicadores. El valor del upgrade de los softwares es de \$18,000.00, se determinó que, mediante la inflación el valor de este costo para el año 5 será de \$19,115.63.

Tabla 26 Flujo de Efectivo Operativo

| Flujo de Efectivo Operativo | | | | | | |
|------------------------------------|----------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|
| | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
| Inversión Inicial | \$ -240,232.70 | | | | | |
| Ahorro | | \$ 77,714.42 | \$ 86,328.21 | \$ 95,970.26 | \$ 106,770.76 | \$ 118,877.19 |
| Upgrade 5 año | | | | | | \$ 19,115.63 |
| Depreciación y Amortización | | \$ 27,681.34 | \$ 27,681.34 | \$ 27,681.34 | \$ 27,681.34 | \$ 27,681.34 |
| Ahorro antes Impuestos | | \$ 50,033.08 | \$ 58,646.87 | \$ 68,288.92 | \$ 79,089.41 | \$ 72,080.21 |
| Impuesto | | \$ 12,508.27 | \$ 14,661.72 | \$ 17,072.23 | \$ 19,772.35 | \$ 18,020.05 |
| Ahorro después Impuestos | | \$ 37,524.81 | \$ 43,985.15 | \$ 51,216.69 | \$ 59,317.06 | \$ 54,060.16 |
| Depreciación y Amortización | | \$ 27,681.34 | \$ 27,681.34 | \$ 27,681.34 | \$ 27,681.34 | \$ 27,681.34 |
| Flujo de Caja | \$ -240,232.70 | \$ 65,206.15 | \$ 71,666.49 | \$ 78,898.03 | \$ 86,998.41 | \$ 81,741.51 |

| Año | Flujo | Acumular |
|-----|----------------|----------------|
| 0 | \$ -240,232.70 | \$ -240,232.70 |
| 1 | \$ 65,206.15 | \$ -175,026.55 |
| 2 | \$ 71,666.49 | \$ -103,360.05 |
| 3 | \$ 78,898.03 | \$ -24,462.02 |
| 4 | \$ 86,998.41 | \$ 62,536.39 |
| 5 | \$ 81,741.51 | \$ 144,277.89 |

| Año | Flujo | Vp | Acumular |
|-----|----------------|----------------|----------------|
| 0 | \$ -240,232.70 | \$ -240,232.70 | \$ -240,232.70 |
| 1 | \$ 65,206.15 | \$ 58,744.28 | \$ -181,488.42 |
| 2 | \$ 71,666.49 | \$ 58,166.14 | \$ -123,322.28 |
| 3 | \$ 78,898.03 | \$ 57,689.56 | \$ -65,632.72 |
| 4 | \$ 86,998.41 | \$ 57,308.54 | \$ -8,324.18 |
| 5 | \$ 81,741.51 | \$ 48,509.60 | \$ 40,185.43 |

Fuente: Elaboración propia

El valor presente neto nos indica que el proyecto hoy vale \$40,185.43 con una TMRA de 11% y obteniendo una tasa interna de retorno del 17%. El periodo de recuperacion normal es de 3.38 años y descontado es de 4.17 años. El indice de rentabilidad es de 1.17, quiere decir que por cada dólar invertido en el proyecto se recuperará el dólar invertido más 17 centavos de dólar de ganancia.

Tabla 27 Indicadores Financieros

| Indicadores | |
|---------------|--------------|
| TIR | 17% |
| PR Normal | 3.28 |
| PR Descontado | 4.17 |
| VAN | \$ 40,185.43 |
| IR | 1.17 |

Fuente: Elaboración propia

4.2.8. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

El análisis de sensibilidad es una herramienta que nos ayuda a visualizar diferentes escenarios para tomar decisiones de inversión. La **Tabla 28** nos muestra los diferentes escenarios planteados, donde la variable que cambia es el factor de potencia. El segundo escenario planteado seria en el caso de que se obtenga un factor de potencia del 85%. En este escenario se puede observar que el valor actual neto del proyecto es igual a cero ya que este sería el punto de equilibrio del proyecto. El tercer escenario planteado seria en el caso de que el factor de potencia sea mayor al punto de equilibrio, en este caso es de 87%. Como se observa, en este escenario el proyecto no sería viable ya que la TIR obtenida es de -6% y el valor actual neto obtenido es negativo y el índice de rentabilidad es menor a 1.

Tabla 28 Análisis de Sensibilidad

| Análisis de Sensibilidad | | | |
|--------------------------|--------------|--------|---------------|
| FP | 84% | 85% | 87% |
| TMRA | 11.00% | 11.00% | 11.00% |
| TIR | 17% | 11% | -6% |
| PR Normal | 3.28 | 3.85 | N/A |
| PR Descontado | 4.17 | 5.00 | N/A |
| VAN | \$ 40,185.43 | \$ - | \$ -96,029.79 |
| IR | 1.17 | 1.00 | 0.60 |

Fuente: Elaboración propia

4.2.9. PORCENTAJE DE AHORRO

El sistema de medición tiene diferentes beneficios para generar ahorro para la empresa. Nuestra investigación se basa en un tipo de ahorro que es mediante la corrección del factor de potencia. En la **Tabla 29** se observa un porcentaje de ahorro el cual quiere decir que Cementos del Norte S.A. tiene que generar un ahorro del 6.05% del consumo en kWh por año para que el proyecto se pueda recuperar y sea viable. El ahorro puede ser mediante la corrección del factor de potencia o mediante los otros diferentes beneficios de ahorro que tiene el sistema de medición.

Tabla 29 Porcentaje de Ahorro

| Porcentaje de Ahorro | | | | | |
|----------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 |
| Consumo kWh | 8,799,258 | 9,651,026 | 10,600,687 | 11,660,756 | 12,845,489 |
| Valor en \$ | \$1,088,001.88 | \$1,208,594.96 | \$1,343,583.71 | \$1,494,790.62 | \$1,664,280.62 |
| Ahorro | \$ 61,881.76 | \$ 69,703.74 | \$ 78,386.14 | \$ 88,023.59 | \$ 117,836.80 |
| % ahorro | 5.69% | 5.77% | 5.83% | 5.89% | 7.08% |
| Promedio de Ahorro | 6.05% | | | | |

Fuente: Elaboración propia

4.2.10. COMPROBACIÓN DE HIPOTESIS

Después de que realizara el estudio técnico y financiero que se propusieron al inicio de la investigación, se obtuvieron los datos necesarios para determinar la viabilidad del proyecto. Como hipótesis de investigación se determinó que, si la TIR obtenida era mayor del 11% que es la tasa mínima aceptable para los proyectos de Cementos del Norte S.A., el proyecto sería viable. La hipótesis de investigación se aprobaría ya que como se mencionó antes los grandes consumidores de la planta son motores que tienen un factor de potencia de 0.80 y son los pequeños motores de 0.90 los que compensan el factor de potencia, y entre menor sea el factor de potencia a 0.85 la penalización sería mayor lo que a su vez representaría un ahorro más grande.

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

1. Se rechaza la hipótesis nula, ya que las proyecciones obtenidas del proyecto nos dieron una TIR mayor al 11%, que es la tasa mínima de aceptación de proyectos en Cementos del Norte S.A., por lo tanto, se puede invertir en la instalación del nuevo sistema de medición de energía ya que según los resultados obtenidos el proyecto es factible.
2. Según el estudio técnico se determinó de manera estratégica que los puntos a medir del sistema de medición de energía deberían de dividirse entre centros de costos ya que la compañía está dividida de la misma manera.
3. Según el estudio financiero se evaluó mediante los indicadores financieros que el proyecto es factible por los siguientes resultados obtenidos:
 - La TIR obtenida es mayor a la TMRA ($17\% > 11\%$).
 - El VAN del proyecto es mayor a cero ($\$40,185.43 > 0$).
 - El índice de rentabilidad es mayor a 1 ($1.17 > 1$).
4. Se seleccionó que, mediante la implementación de un sistema de gestión de energía, se deben de ejecutar mejores prácticas para lograr eficiencia energética. Estas prácticas son:
 - El análisis mediante auditorías energéticas.
 - Establecimiento de KPIs para la medición.
 - Toma de decisiones para implementar medidas o protocolos con el fin de mejorar la eficiencia energética.
5. El punto de equilibrio de este proyecto es con un factor de potencia de 0.85, es decir que se tiene que obtener un factor de potencia menor a este para que mediante con la corrección de este factor se de el ahorro suficiente para que el proyecto sea viable.

5.2. RECOMENDACIONES

1. Al obtener una TIR mayor al 11% se le recomienda a Cementos del Norte S.A. que proceda con los planes para la instalación del nuevo sistema de medición para poder mejorar la eficiencia energética de la planta.
2. A pesar de haber obtenido una TIR mayor al 11% se recomienda realizar el análisis financiero para otros beneficios que tiene el sistema de medición.
3. Ya que el sistema de medición energético es la base para la implementación de la norma ISO 50001, se le recomienda a Cementos del Norte S.A. considerar la certificación de esta norma en un futuro.
4. Contratar a una empresa para hacer el levantamiento de toda la información requerida para los análisis de ahorro.
5. Replantearse realizar el análisis financiero con datos tomados del año 2020 y 2021 como nueva normalidad debido al COVID-19.

BIBLIOGRAFÍA

- Aller, J., Salazar, L., Bueno, A., & Peña, M. (2010). Metodología para la Implatación de un Sistema Integral de Gestión de la Energía. 8.
- Aranda Usón, A., Barrio Moreno, F., Zabalsa Bribián, I., & Díaz de Garaio, S. (2010). *Técnicas para la elaboración de auditorías energéticas en el sector industrial*. Zaragoza, España: Prensas Universitarias de Zaragoza.
- Arpi Arpi, J. R., & Mulluni Chacolli, Y. (2019). *AUDITORÍA E IMPLEMENTACIÓN DEL ESTUDIO Y ANÁLISIS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA ORIENTADA EN EL ISO 50001 EN LA EMPRESA TÉCNICA Y DESARROLLO (CIGA) - JULIACA*. Puno: Repositorio Institucional UNA-PUNO.
- Baca Urbina, G. (2010). *Evaluación de Proyectos*. Ciudad de México: McGraw-Hill.
- Backlund, S., Broberg, S., Ottosson, M., & Thollander, P. (2012). Energy efficiency potentials and energy management practices in Swedish firms. *Summer Study on energy efficiency in industry*. Arnhem: European Council for an Energy Efficient Economy. Obtenido de <http://liu.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A555554&dswid=3718>
- Balcells, J., Autonell, J., Barra, V., Brossa, J., Fornieles, F., Garcia, B., & Ros, J. (2010). *Eficiencia en el uso de la energía eléctrica*. Barcelona, España: Marcombo, S.A.
- Becerril, F. R. (1997). *CIENCIA METODOLOGÍA E INVESTIGACIÓN*. Naucalpan de Juárez, México: Pearson Educación.
- Benalcazar, M. A. (2019). *IMPORTANCIA DEL ESTUDIO TÉCNICO EN UN PROYECTO DE INVERSIÓN*. Machala: Universidad Tecnica de Machala.
- Bird, J. (2014). *Electrical and Electronic Principles and Technology*. Nueva York: Routledge.
- Borroto, A., Lapidó Rodríguez, M., Monteguado Yanes, J., Armas Teyra, M., Montesinos Perez, M., Delgado Castillo, J., . . . Gonzalez Perez, F. (julio de 2005). La gestión energética: una alternativa eficaz para mejorar la competitividad empresarial. *Energética*, 65-69.
- Cañizares-Pentón, G., Rivero-Aragón, M. F., Pérez-Bermúdez, R. A., & González-Suárez, E. (2014). La gestión energética y su impacto en el sector. *Tecnología Química*, 19-27. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/4455/445543781002.pdf>
- Cavassa, C. R. (2005). *Seguridad industrial: un enfoque integral*. México: Limusa.

- Colmenares, O. A. (5 de Julio de 2007). *Gestiopolis*. Obtenido de <https://www.gestiopolis.com/medicion-de-la-productividad-empresarial/>
- Cristina, S. F. (2016). *DISEÑO Y FORMULACIÓN DE INDICADORES CLAVES DE RENDIMIENTO (KPI) EN EL ÁREA DE FORMACIÓN DE LA UNIDAD DE GESTIÓN HUMANA DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES*. Bogotá.
- Diccionario de la lengua española. (s.f.). *Real Academia Española*, 23.^a Edición. Recuperado el 2021, de <https://dle.rae.es>
- G. Fink, D., Wayne Beaty, H., & M. Carrol, J. (1981). *Manual práctico de electricidad para ingenieros*. Barcelona, España: Editorial Reverté, S.A.
- G. Keat, P., & Y. Young, P. K. (2004). *Economía de Empresa*. Mexico: Pearson Educación.
- Gitman, L., & Zutter, C. (2012). *Principios de Administración Financiera*. Naucalpan de Juárez: Person Educación.
- Goswami, Y., & Kreith, F. (2016). *Energy Efficiency and Renewable Energy Handbook*. Boca Ratón: CRC Press.
- Hernández Sampieri, R. (2014). *Metodología de la Investigación*. Ciudad de México: McGraw-Hill.
- ISO. (2011). *ISO 50001 Energy management systems*.
- Jami, F. (2003). *Desbalance de voltaje*. QUITO/EPN/2003. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/6596>
- Jaramillo Díaz, H. (1999). GESTIÓN ENERGÉTICA EN LA INDUSTRIA. *Estudios Gerenciales*, 51-60. Obtenido de https://www.icesi.edu.co/revistas/index.php/estudios_gerenciales/article/view/18
- Ketelhöhn, W., Marín, J. N., & L. Montiel, E. (2004). *INVERSIONES Análisis de inversiones estratégicas*. Bogotá: Editorial Norma.
- Krugman, P., & Wells, R. (2006). *Introducción a la Economía. Microeconomía*. Barcelona, España: Reverte.
- La Gaceta. (2015). Tarifas vigentes en el sistema central interconectado., (pág. 31). Tegucigalpa.
- La Gaceta. (2017). Norma Técnica de Calidad de la Transmisión., (págs. 43-53). Tegucigalpa. Obtenido de <https://www.cree.gob.hn/wp-content/uploads/2019/02/Norma-Tecnica-de-Calidad-de-Transmision.pdf>

- Laiton Romero, N. (2013). *Viabilidad técnica y operativa para implementar un sistema de gestión energética (SGE) en una refinería de Colombia basado en la metodología del estándar ISO50001*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Lascano Aimacaña, N. R., & Astudillo Espín, M. F. (2007). (P. U. Ambato, Ed.) Obtenido de <https://repositorio.pucesa.edu.ec/handle/123456789/525>
- López Beltrán, J. R., & Ventura Gámez, E. N. (2019). *ESTUDIO DEL DESBALANCE DE TENSIONES Y SUS EFECTOS EN LA CALIDAD DEL PRODUCTO TÉCNICO PARA SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN A NIVEL INDUSTRIAL*. San Salvador, El Salvador: UNIVERSIDAD DEL EL SALVADOR.
- López, J., Arias, J., & Quintero, E. (2016). Medidor electrónico interactivo de consumo de energía eléctrica para uso residencial. *Prospect*, 61-72.
- McCoy, G., & Douglass, J. (2000). *Energy Management for Motor-Driven Systems*. The U.S. Department of Energy Office of Industrial Technologies.
- Monteagudo Yanes, J. P., & Gaitan R., O. G. (2005). Herramientas para la gestión energética empresarial. *Scientia et Technica*, 169. Obtenido de <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/6639>
- Morvay, Z., & Gvozdenac, D. (2008). *Applied Industrial Energy and Environmental Management*. Novi Sad, Serbia: John Wiley & Sons Ltd.
- Namakforoosh, M. N. (2000). *Metodología de la investigación*. D.F., México: Editorial Limusa.
- Núñez Fernández, E. (2007). *Archivos y normas ISO*. Gijón, Asturias: Ediciones Trea. Obtenido de <https://elibro.net/es/ereader/unitechn/60537>
- Ortiz Aragón, A., & Rivero, G. (2006). *Estructuración de Costos: Conceptos y Metodología*. Pact USA. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/46802154/Estructuracion_costos_conceptos_metodologia.pdf?1466943166=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DEstructuracion_de_Costos_Conceptos_y_Met.pdf&Expires=1604380215&Signature=GQqtLV0mFQWZqmU-GmlUpHlg
- Ortiz Ocaña, A. (2015). *Enfoques y métodos de investigación en las ciencias y humanas*. Bogotá, Colombia: Ediciones de la U.
- Pastor Gutiérrez, A., & Ortega Jiménez, J. (2014). *Circuitos Electronicos. Vol. II*. Madrid, España: Editorial UNED.

- Pedraza Rendón, Ó. H. (2001). La Matriz de Congruencia: Una Herramienta para Realizar Investigaciones Sociales. *Economía y Sociedad*, 311-316.
- Programa Nacional en Sistemas de Gestión. (2014). *SISTEMAS DE GESTIÓN INTEGRAL DE LA ENERGÍA SGIE*. Bogota D.C.
- Rodriguez, S. (Noviembre de 2020). Iniciativa de Ley para el Uso Racional y Eficiente de la Energía. (V. Peña, Entrevistador)
- Rosero G., J. A., Téllez G., S. M., & Prias, C. O. (2013). Gestión energética integral en procesos industriales. *Vision Electrónica*, 175-184.
- Sancha Gonzalo, J. L. (2010). *Conceptos de ahorro y eficiencia energética: Evolución y Oportunidades*. Obtenido de https://revista-anales.icaei.es/web/n_4/pdf/seccion_9.pdf
- Siemens AG. (2016). SIMATIC Energy Manager PRO. Nuremberg, Alemania: Siemens AG.
- Solé, A. C. (2011). *Instrumentación Industrial*. Ciudad de México: Alfaomega Grupo Editor.
- Urbina, G. B. (2010). *Evaluación de Proyectos*. México: McGrawHill.
- Vásquez, J. R. (1985). *El factor de potencia*. Barcelona, España: Ediciones CEAC, S.A.
- Viloria, J. R. (2008). *Fuentes de Energía*. Madrid, España: Editorial Paraninfo.
- Wildi, T. (2007). *Máquinas Eléctricas y Sistemas de Potencia*. Naucalpan de Juárez: Peason Educación.

ANEXOS

Figura 10 Diseño propuesto para instalación de sistema de medición

