



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO



**TECNOLÓGICO NACIONAL
DE MÉXICO**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO
SUPERIOR DE HUATUSCO**

**SUBDIRECCIÓN DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN
MAESTRÍA EN INGENIERÍA**

**“Técnica de Evaluación y Revisión de Programas aplicado a proyecto de
construcción Electromecánica Luminar”**

**TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MAESTRO EN INGENIERÍA**

PRESENTA:
LUIS MIGUEL ZAMUDIO SERRANO

DIRIGIDO POR:
M.I. MIGUEL ÁNGEL SOLÍS JIMÉNEZ

CO-DIRIGIDO POR:
M.I. MIGUEL ÁNGEL SOLÍS JIMÉNEZ

HUATUSCO, VERACRUZ, MÉXICO

MAYO, 2024

OFICIO DE APROBACION DE LA TESIS

DEDICATORIA

RECONOCIMIENTOS

RESUMEN

La presente investigación tiene como finalidad validar una propuesta de mejora basada en la gestión por procesos y las herramientas de planificación PERT – CPM en una empresa de construcción electromecánica. A través de la identificación de la situación actual de la misma, se determina un escenario desfavorable en base a la relación de sus metas proyectadas y obtenidas, sobre el cual se identificó el problema principal por deficiencia operativa y causas raíz relacionadas a los nulos procesos de planificación, suministros y ejecución. La búsqueda de la optimización sistemática y estructurada de los procesos mencionados a través del desarrollo de un proyecto de investigación aplicada, con el objetivo de mostrar el problema identificado a través de la utilización de metodologías, técnicas y herramientas referentes a la ingeniería industrial.

La investigación se centró en el estudio de procesos constructivos electromecánicos en una planta ubicada en Ciudad General Escobedo, Nuevo León, dedicada a la construcción de tecnología Inter espacial, los cuales se analizaron y rediseñaron a través de la gestión de procesos incorporando herramientas de simulación estocástica.

Palabras clave: planificación, simulacion estocástica, PERT, CPM, administración de proyectos.

ABSTRACT

The purpose of this research is to validate an improvement proposal based on process management and PERT – CPM planning tools in an electromechanical construction company. Through the identification of its current situation, an unfavorable scenario is determined based on the relationship of its projected and obtained goals, on which the main problem was identified due to operational deficiency and root causes related to the null production processes. planning, supplies, and execution. The search for the systematic and structured optimization of the processes through the development of an applied research project, with the objective of showing the problem identified through the use of methodologies, techniques and tools related to industrial engineering.

The research focused on the study of electromechanical construction processes in a plant located in Ciudad General Escobedo, Nuevo León, dedicated to the construction of inter-spatial technology, which were analyzed and redesigned through process management incorporating stochastic simulation tools. . .

Keywords: planning, stochastic simulation, PERT, CPM, project management.

Contenido

GLOSARIO	7
INTRODUCCIÓN.....	8
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	9
JUSTIFICACIÓN.....	11
HIPÓTESIS	13
OBJETIVOS.....	14
OBJETIVO GENERAL	14
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
CAPÍTULO 1.- ANTECEDENTES	15
1.1. MARCO CONTEXTUAL.....	15
1.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA GESTIÓN DE ADMINISTRACIÓN...17	
CAPÍTULO 2. MARCO TEORICO	24
2.1. LA IMPORTANCIA DE LA PLANEACIÓN DE PROYECTOS EN EL DESARROLLO DE PROGRAMAS ELECTROMECÁNICOS.....	25
2.2. NORMATIVIDAD APLICADA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CLEAN ROOMS (CUARTOS LIMPIOS).....	28
2.3. SIMULACIÓN ESTOCÁSTICA.....	33
2.3.1. Clasificación del sistema	33
2.3.2. Identificación de los componentes de una simulación.	34
2.3.3. Diseño de la simulación.....	35
2.3.4. Recolección de datos	36
2.3.5. Aspectos estadísticos de la simulación	37
2.4. DISTRIBUCIÓN TRIANGULAR.....	38
CAPÍTULO 3. ESTADO DEL ARTE.	41
CAPÍTULO 4 METODOLOGIA.....	46
4.2. IDENTIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES PARA LA APLICACIÓN DE LA TÉCNICA PERT Y CPM.....	46
4.2.1. Inicio / memoria de cálculo	47

4.2.2.- Recepción de planos.....	47
4.2.3.- Información escrita.....	48
4.2.4. Fichas técnicas.....	48
4.2.5. Definición de distribución de cargas.	49
4.2.6. Definición de circuitos.....	50
4.2.7.- Selección de tableros de distribución	50
4.2.8. Selección de tableros de distribución I line.	51
4.2.9. Selección de interruptores termomagnéticos de distribución i line.	51
4.2.10. Cálculo de transformadores secos para alimentación de tablero de distribución tipo I line.....	52
4.2.11. Selección de tableros de distribución de potencia QED2	52
4.2.12. Selección de interruptores principales.	53
4.2.13. Selección de transformadores de potencia de media a baja tensión	53
4.2.14. Selección de celda o desconectador en media tensión	55
4.2.15. Cálculo de corto circuito y coordinación de protecciones.....	56
4.2. DEFINICIÓN DE TIEMPOS DE LAS ACTIVIDADES DE CONSTRUCCION DEL PROYECTO ELECTROMÉCANICO.....	57
4.3. SIMULACION DE DISTRIBUCIÓN DE CARGAS	59
4.3.1 Obtención del listado de equipamiento.	59
CAPITULO 5 RESULTADOS.	67
5.1.- DETERMINACIÓN DE LA RUTA CRÍTICA.....	67
5.2. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO ESPERADO Y VARIANZA PARA LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO.	68
5.3.- DETERMINACION DEL TIEMPO TOTAL DEL PROYECTO	70
5.4. DETERMINACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE CONCLUSIÓN DEL PROYECTO	71
5.5. SIMULACIÓN DE LOS FACTORES DE UTILIZACIÓN.....	72
6. CONCLUSIONES.....	78
6.1. VIABILIDAD TÉCNICA PERT Y CPM	78
6.2. TIEMPO TOTAL DEL PROYECTO	81

6.3. FACTORES DE UTILIZACIÓN	82
6.4. SIMULACIÓN	83
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	84
8. ANEXOS	86
Anexo 1.....	86
Anexo 2.....	89
Anexo 3.....	90
Anexo 4.....	91
Anexo 5.....	92
Anexo 6.....	96
Anexo 7.....	97
Anexo 8.....	101
Anexo 9.....	102
Anexo 10.....	105
Anexo 11.....	105
Anexo 12.....	106
Anexo 13.....	107

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 Sensor LIDAR	17
FIGURA 2 Clean Room	29
FIGURA 3 Normativa a cumplir según la ISO	32
FIGURA 4 Distribucion triangular	40
FIGURA 5 Distribución triangular	40
FIGURA 6 Diagrama de relaciones de precedencia.....	55
FIGURA 7 Incoming inspection.....	61
FIGURA 8 Muestra la información de la ruta crítica presentada originalment	67
FIGURA 9 Ruta crítica de manera más clara en la figura presentada originalmente	68

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Datos mínimos para realizar memoria de cálculo	47
Tabla 2 Recepción de planos	48
Tabla 3 Información escrita	48
Tabla 4 Fichas Técnicas	49
Tabla 5 Definición de distribución de Cargas	49
Tabla 6 Actividades para la construcción electromecánica de la nave “High Volumen”	54
Tabla 7 Tiempos para la realización de las actividades de construcción electromecánica	58
Tabla 8 Datos para listado de equipamiento	59
Tabla 9 Datos Incoming – SMT	62
Tabla 10 Datos Incoming – SMT. Con Factor de Utilización Simulado	64
Tabla 11 Replicas para Calcular Factor de Utilización	65
Tabla 12 Resultados para las actividades del proyecto	69
Tabla 13 Determinación del tiempo total del proyecto	70
Tabla 14 Determinación del tiempo total del proyecto	74
Tabla 15 Tabla de réplicas	76

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1	39
Ecuación 2	63
Ecuación 3	63
Ecuación 4	69
Ecuación 5	70
Ecuación 6	71
Ecuación 7	72
Ecuación 8	72
Ecuación 9	72
Ecuación 10	75
Ecuación 11	75
Ecuación 12	75
Ecuación 13	78

GLOSARIO

ADAS: Advanced Driver Assistance Systems (Sistemas Avanzados de Asistencia al Conductor)

CFE: Comisión Federal de Electricidad

CLEAN ROOMS: Cuartos Limpios.

CPM: Critical Method Patch (Método de la Ruta Crítica)

DOF: Diario Oficial de la Federación.

EVA: Earned Value Analysis (Análisis de Valor Ganado)

ISO: International Organization for Standardization

NEC: National Electrical Code

NMX-J-351-ANCE-2016: NORMA MEXICANA: “Transformadores y autotransformadores de distribución y potencia tipo seco-capacidad para soportar cortocircuitos”

NMX-J-118-2: Productos eléctricos-tableros de distribución de fuerza en baja tensión, - especificaciones y métodos de prueba

NOM: Norma Oficial Mexicana

PERT: Program Evaluation and Review Technique (Técnica de revisión y evaluación de programas)

PFD: Diagrama de Flujo de Procesos

RACI: Responsible, Accountable, Consulted, Informed (responsable por la finalización adecuada de una tarea)

SEN: Sistema Eléctrico Nacional

KVA: Kilo Volts Ampere

INTRODUCCIÓN

La Técnica de Evaluación y Revisión de Programas está enfocado a un proyecto de construcción electromecánica complejo, para una marca que desarrolla la producción en alto volumen de un sensor Lidar con tecnología Inter espacial, el cual se constituye por muchos componentes interrelacionados e interdependientes. Los componentes que conforman al proyecto obedecen a diversas disciplinas de la ingeniería, tales como: ambiental, industrial, mecánica, civil, electrónica, eléctrica, entre otras. La Técnica está enfocada a un proyecto complejo considerado como un sistema dinámico que se desarrolla en un entorno de gran incertidumbre e imprevisibilidad. Identificar y gestionar adecuadamente la complejidad de un proyecto en sus etapas más tempranas, es un factor crítico para el éxito del proyecto. La ejecución de las tareas de seguimiento y de control, tienen como objetivo monitorizar el desempeño del proyecto, así como obtener las proyecciones y las medidas que permitan anticipar posibles desviaciones en la planificación. Este estudio de investigación desarrolló una metodología a través de PERT (Program Evaluation and Review Technique o, Técnica de revisión y evaluación de programas) para el seguimiento y control de la construcción electromecánica del proyecto.

Con esta técnica de revisión, permite el cálculo periódico de verificaciones físicas, avance financiero y predicciones de costo y los plazos a la conclusión del proyecto. Todo esto mediante la utilización de diversas herramientas entre ellas simulación triangulada, cálculo de factores de utilización, para alcanzar la productividad de manera eficaz, con calidad, continuidad que en conjunto crean el universo, dando confiabilidad y seguridad para las instalaciones electromecánicas que conjugan el alto volumen de productividad del Sensor Lidar a desarrollar. El Sensor Lidar de la marca desarrolladora, es el oscuro secreto del deseo: la Lidar, (Light detection and ranging, o detección por luz y distancia). La tecnología utiliza luz infrarroja cercana para detectar la forma de los objetos que se encuentran a su alrededor, en él se basan muchos diseños de vehículos autónomos y es crucial para el desarrollo de un gran número de mapas de alta resolución a nivel mundial.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo con la firma Solili (2024), para el cuarto trimestre del 2023, la ciudad de Monterrey se consolidó como la primera ciudad en la demanda de renta de naves industriales. Su apogeo en esta urbe se debe, según Solili (2024), a su cercanía con el país vecino de Estados Unidos y a sus ventajas en términos de proximidad, conectividad, acceso a mano de obra calificada, y, a su red de proveedores en los clústeres de la región.

La creación de este tipo de industrias es un trabajo, más allá de riguroso, bien planificado, pues es solo a partir de ello que se logra alcanzar un resultado cualificado, competitivo y exitoso en términos económicos. Así las cosas, se plantea entonces que, en la elaboración de un proyecto industrial es fundamental formular una administración que ayude a determinar y puntualizar: los objetivos a alcanzar, las restricciones del proyecto, los recursos disponibles, el orden de ejecución de las operaciones, así como también, el tiempo que debe tardar cada una de ellas; todo en aras de lograr la eficiencia y el éxito del proyecto (Poo Rubio, 2005).

Este caso particular se centrará en una marca que por cuestiones de privacidad tendrá como seudónimo Photons Ray la cual desarrolla tecnología Inter espacial, en la que se realizó un proyecto electromecánico muy exigente con respecto al consumo de energía, en el que de inicio se tuvo proyectado con un numero de equipos, lamentablemente al asignar el desarrollo de su construcción, no existía un control administrativo de obra electromecánica lo que ocasiono que el proceso del desarrollo constructivo presente varios errores que se pueden traducir en cambios y nuevas propuestas que con llevan a diversas perdidas de dinero, tiempo y retrabajos. Particularizando con relación al tiempo, se pactaron fechas de conclusión del proyecto (al 21 de noviembre del 2022 con fecha de inicio 20 de septiembre del 2022, sumando un total de 62 días) que al no concluirse desencadenaron diversas multas y sanciones a la empresa encargada en el desarrollo constructivo.

Por otra parte, como problemática adicional se tuvo que la factibilidad de suministro de consumo que se requirió de energía por parte de la definición de distribución de cargas fue ambigua, lo anterior debido a la no definición en su totalidad, esto de acuerdo con la asignación en la instalación de cada maquina o equipos qué hacen posible la creación de los dispositivos (Lidar Sensor). Esta situación ocasiono que la contratación definitiva del suministro de energía a CFE no se definiera, a pesar de que existieran diferentes puntos de conexión, pues en su mayoría no disponían de la capacidad de energía para la proyección de carga estimada, lo que implico la posibilidad de buscar los puntos con disponibilidad de energía más alejados al predio de construcción.

Una problemática paralela a la anterior fue la no definición de la demanda de energía de todas las maquinas en pruebas de montaje, conllevando esto a la contratación mensual de varios equipos para generación de energía eléctrica a base de combustión interna Diesel; lo que ocasionó un sobre costo de contratación no contemplado, elevando los gastos de construcción, operatividad y productividad.

Al respecto Zio et al., (2015), proponen como enfoque innovador para estas problemáticas de planificación de proyectos la programación estocástica, ya que a partir de esta se logra optimizar la asignación de recursos operativos. En este orden de ideas, a partir del uso de la simulación se buscará visualizar diferentes escenarios con respecto al comportamiento de la utilización de los diversos equipos instalados para el desarrollo del proceso y así determinar si la carga instalada es suficiente para dar eficiencia, calidad, confiabilidad, continuidad y seguridad en la productividad de la planta.

JUSTIFICACIÓN

La importancia de realizar la administración de proyecto radica en proporcionar una metodología estructurada y sistematizada para planificar, programar y controlar proyectos, lo que resulta en una gestión más efectiva del tiempo, una mejor identificación y gestión de riesgos, una comunicación y coordinación mejoradas, y una optimización de recursos. La planificación de proyectos electromecánicos es un proceso crítico que implica una serie de desafíos técnicos, económicos y administrativos que deben ser abordados de manera integral para garantizar el éxito del proyecto. En el contexto de la ingeniería electromecánica, la complejidad inherente de los sistemas y componentes eléctricos y mecánicos, junto con los requisitos de cumplimiento normativo y las limitaciones de recursos, hacen que la planificación efectiva sea esencial para el logro de los objetivos del proyecto.

Desde el punto de vista técnico, el diseño y la ejecución de proyectos electromecánicos requieren una comprensión profunda de los principios de la ingeniería eléctrica y mecánica, así como de las tecnologías específicas involucradas. La planificación debe abordar cuestiones como la selección y adquisición de equipos adecuados, la integración de sistemas automatizados complejos, la gestión de riesgos técnicos y la garantía de la calidad del trabajo realizado.

En términos económicos, la viabilidad financiera de un proyecto electromecánico depende en gran medida de una planificación sólida que considere los costos asociados con la adquisición de materiales, la contratación de personal calificado, el mantenimiento de equipos y la gestión de contingencias. La identificación y evaluación de alternativas de financiamiento, así como el seguimiento y control del presupuesto a lo largo del ciclo de vida del proyecto, son aspectos críticos que deben abordarse en la planificación.

Desde una perspectiva administrativa, la gestión eficaz de un proyecto electromecánico implica la coordinación de múltiples actividades y recursos, así como la comunicación efectiva entre todos los interesados involucrados en el proyecto. La planificación debe definir claramente roles y responsabilidades, establecer procesos para la toma de decisiones y resolver conflictos, y asegurar el cumplimiento de plazos y objetivos.

Además, la capacidad para anticipar y gestionar cambios, ampliaciones y reducciones en el alcance del proyecto es fundamental para adaptarse a las dinámicas del entorno y maximizar el valor entregado. Una planificación adecuada puede proporcionar la flexibilidad necesaria para responder de manera proactiva a los cambios en los requisitos del cliente, las condiciones del mercado o los avances tecnológicos, minimizando así los riesgos y maximizando las oportunidades para el éxito del proyecto.

En resumen, diseñar una planificación efectiva para proyectos electromecánicos que aborde de manera integral los aspectos técnicos, económicos y administrativos es crucial para garantizar el éxito del proyecto. Una planificación sólida proporciona la base para dirigir el desarrollo del proyecto de manera eficiente, controlar los cambios y ampliaciones, y llevar a cabo reducciones cuando sea necesario, asegurando así la entrega exitosa de un producto, servicio o resultado único que cumpla con los objetivos y expectativas del cliente.

Por su parte la simulación de eventos estocásticos es una herramienta que sirve para representar una situación en la que la incertidumbre está presente. En otras palabras, es un modelo para un proceso que tiene algún tipo de aleatoriedad. En este caso el factor de utilización de los equipos a instalarse se considera una variable aleatoria que impacta directamente en el consumo de energía por lo tanto un modelo de esta situación permitirá mostrar si la carga conectada es suficiente a la demanda de carga.

HIPÓTESIS

Esta hipótesis sugiere que al adoptar un enfoque holístico que abarque aspectos técnicos, económicos y administrativos en la planeación de proyectos electromecánicos, se facilitará la gestión de cambios y adaptaciones, lo que a su vez aumentará las probabilidades de éxito del proyecto en términos de alcance, tiempo y costo.

La utilización de herramientas de administración de proyectos permite controlar los tiempos para la realización de un proyecto de construcción electromecánica, así como definir la probabilidad de la conclusión del proyecto en los tiempos pactados.

De igual forma, a partir de la simulación estocástica se puede evidenciar si el contenido de la distribución de cargas es factible con respecto al suministro del SEN (Sistema Eléctrico Nacional)

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Diseñar un modelo de planeación integral para proyectos electromecánicos que integre aspectos técnicos y administrativos, con el fin de dirigir eficazmente el desarrollo del proyecto, facilitar el control de cambios, ampliaciones y reducciones, contribuyendo así al éxito y la optimización de recursos en la ejecución de dichos proyectos

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las actividades a realizar para la construcción electromecánica de la planta y determinar los tiempos para la construcción electromecánica.
- Establecer las relaciones de precedencia de las actividades para la construcción electromecánica
- Determinar la probabilidad de cumplimiento de los tiempos de terminación acordados en los contratos de la empresa.
- Desarrollar un modelo de simulación estocástica que evalúe los factores de utilización de cada dispositivo o equipo conectado a la red de eléctrica construida en el proceso electromecánico, para determinar si la disponibilidad de energía eléctrica es suficiente contra la demanda total de los equipos instalados.

CAPÍTULO 1.- ANTECEDENTES

1.1. MARCO CONTEXTUAL

Primero cinturones de seguridad. Luego Bolsas de aire. Ahora Tecnología Inter espacial. Los cinturones de seguridad y las bolsas de aire fueron puntos de inflexión en la seguridad de los vehículos. Pero ahora hay una nueva tecnología. Los automóviles deben ser más seguros e inteligentes que nunca. La empresa que desarrolla dispositivos de seguridad automovilística a través de tecnología Inter espacial, está a punto de ser la primera empresa de tecnología automotriz en permitir capacidades autónomas y de seguridad de próxima generación para automóviles de consumo, camiones comerciales y más.

Un nuevo tipo de LIDAR desde el nivel de chip hacia arriba como resultado, ha creado un sensor Lidar que desbloquea seguridad y autonomía avanzadas para los fabricantes de automóviles. Su tecnología central es lo que los separa del resto del campo. El Sensor Lidar está motivado por un propósito unificador que cambiara el mundo: salvar 100 millones de vidas y 100 billones de horas en los próximos 100 años. Los sistemas avanzados de asistencia al conductor (ADAS) son un paso en la dirección correcta, pero los sistemas actuales son imperfectos y poco confiables.

La tecnología proporciona una detección de mayor confianza, más rápida y más lejos que los ADAS tradicionales, lo que permite evitar colisiones de forma proactiva a velocidades altas y bajas. Esto desbloquea el potencial para hacer que los vehículos de consumo no se estrellen, ayudando a los conductores y allanando el camino para una autonomía segura; entre sus principales clientes: Nissan, Kodiak, Mobileye, Volvo, Mercedes Benz, Polestar, Pony.ai

La nueva planta de fabricación de alto volumen está ubicada en Monterrey, México. En esta ciudad se construyó una nueva instalación con líneas que presentan niveles crecientes de automatización que mejoran la calidad de sus productos y el tiempo de ciclo, al tiempo que aumentan significativamente nuestra capacidad.

Hoy en día marca la culminación de los esfuerzos de industrialización que han estado en marcha desde 2016. Se está produciendo los primeros sensores en esta nueva instalación automatizada de alto volumen. La estrategia de automatización se construyó utilizando celdas estándar altamente flexibles como base. La automatización se aprovechó para los procesos críticos para la calidad, reemplazando a los humanos cuando fue apropiado. Se comenzó diseñando salas limpias para albergar todas las líneas de montaje. Las transportadoras de piezas se utilizan en la línea para mover productos, sensores y sub-ensamblajes de un proceso a otro. Tanto los operadores humanos como los robots interactúan con el ciclo de ensamble. Los robots se utilizan para atornillar, dosificar y ensamblar y son compatibles con cuartos limpios (Clean Rooms).

La tecnología instalada es de última generación utilizando pantallas táctiles para el control y la interacción con los usuarios en todos los niveles. Cuenta con cámaras de inspección 2D y 3D se utilizan para pasos críticos para el control de calidad. Las cámaras de inspección verifican que los procesos anteriores se realicen correctamente, los datos recopilados son cuantitativos y pueden usarse para análisis estadísticos. La construcción de la instalación inicio en septiembre de 2022, mientras que la maquinaria de alto volumen comenzó en diciembre del mismo año, de tal forma que, las nuevas unidades ya comenzaron a salir de la línea.

La nueva instalación tiene aproximadamente 120,000 pies cuadrados, más de 2 ½ acres, aproximadamente 2 campos de futbol. La empresa a partir de la cual se realizó la investigación trabaja en estrecha colaboración con sus socios proveedores para garantizar que sus productos sean de la más alta calidad y más eficientes de fabricar. Trabaja con dos fabricantes por contrato, la primera para el montaje final y la segunda en Tailandia que completa el transceptor y lo envía a Orlando Florida. En total Photons Ray tiene 89 proveedores en 16 países que son todos de grado automotriz. Están ampliando su capacidad de cumplir con los volúmenes ya comprometidos para sus clientes OEM actuales. Photons Ray está cumpliendo lo que prometió.



FIGURA 1 Sensor LIDAR
EVKX. (31 de marzo, 2024). *Sensores LiDAR*.
<https://evkx.net/es/technology/sensorsandcameras/lidar/>

1.2. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA GESTIÓN DE ADMINISTRACIÓN.

A lo largo del tiempo en la administración científica de la actividad empresarial e industrial a nivel mundial, ha mostrado una cadena evolutiva para resolver los retos que la administración plantea, resaltando que al año 2018 se presenta un notable vacío y distancia en la generación de nuevas herramientas de gestión para hacer frente a los retos que presenta el paradigma tecnológico de los actuales mercados (Gebauer et al., 2017).

La organización de los seres humanos es tan antigua como la humanidad misma, la historia demuestra siempre una estructura jerárquica que marca el sentido de la administración y ha dictaminado las primeras formas de organización económica centrada principalmente en la administración del trabajo y la mano de obra como motor de sustento del crecimiento en función. Existen herramientas de gestión con una antigüedad mayor de la que normalmente se cree en la

literatura. De igual forma las mega construcciones del mundo antiguo requirieron en su momento del desarrollo de nuevas formas de organización sobre la base de la intensa administración de mano de obra. Desde un enfoque moderno la historia de la administración profesional se reescribe a partir de la primera revolución industrial con la transformación tecnológica, política y social; generando un crecimiento de valor en el mercado sin precedentes que obliga a los gestores y administradores a reinventarse en acción, experimentando con herramientas nuevas requeridas. Por lo anterior, podemos reconocer hasta 8 etapas evolutivas de los enfoques de administración profesional:

- administración 0.0 (desde la antigüedad hasta 1730)
- administración 1.0 administración científica (desde 1730 hasta 1930)
- administración 2.0 gestión Departamental (desde 1931 – 1950)
- administración 3.0 Eficiencia de la Producción (década del 50)
- Administracion 4.0 Enfoque de Mercado (Años 60s y 70s)
- Administracion 5.0 Enfoque de Calidad (Años 80s)
- Administracion 6.0 Enfoque financiero (Años 90s)
- Administracion 7.0 Enfoque del Conocimiento (del 2000 al 2010)
- Administracion 8.0 Enfoque Deontologico (desde 2010 a la fecha)

Algunas efemérides históricas en la creación de herramientas para gestión se presentan a continuación:

- En 1736 Euler inventa la *Teoría de Grafos* que permite hasta la actualidad establecer conexiones relacionales entre nodos, un aspecto muy útil en la planificación y el análisis de procesos modernos.
- En 1860 Macallum inventa el Organigrama que hasta hoy utilizamos para administrar las compañías.
- Entre 1878 y 1903 Frederick Taylor crea las bases de la administración científica en su desarrollo sobre el Shop Management para administrar la empresa industrial.

- En 1896 Vilfredo Pareto crea el Diagrama de Pareto con la regla del 80-20 que hasta ahora se utiliza para priorizar en la administración moderna.
- En 1896 Karol Adamiecki inventa el Harmonogram que inspira a Henry Gantt a la creación del Diagrama Gantt de 1910.
- El año 1900 General Electric Co. Crea el primer departamento de (I+D) investigación y desarrollo pues hasta antes de eso la investigación y la innovación no era sistemática y se reduce a esfuerzos aislados en las empresas.
- En 1903 Henri Fayol establece sus 14 principios de la administración. En 1920 Luther Gulick inventa el Presupuesto como herramienta de gestión estableciendo la primera filosofía presupuestal en la administración moderna.
- En 1924 Walter Shewhart inventa el ciclo de mejora continua o ciclo PDCA (plan-do.check.act) o Ciclo PHVA (planear-hacer-verificar-actuar)
- En 1930 Procter & Gamble (P&G) inventa el concepto de marca que ha sido uno de los principales ejes del desarrollo de la mercadotecnia.
- En 1932 se crea la Teoría de la Agencia que desarrolla la teoría del agente principal y sienta las bases de la subcontratación en la empresa.
- En 1938 Chester Barnard establece los fundamentos de las funciones ejecutivas en la empresa definiendo las funciones del ejecutivo al interior de estas.
- Entre 1942 y 1946 Peter Drucker desarrolla el concepto de Corporación que se utiliza hasta la actualidad para interpretar y gestionar la empresa moderna.
- En 1943 Lindall Urwick establece los elementos de la administración sistematizando los trabajos de Taylor y Fayol.
- En 1942 Abraham Maslow desarrolla la Teoría de las Necesidades también conocida como pirámides de necesidades de Maslow ampliamente utilizada en la gestión del capital humano y otras ramas de la administración.
- En 1943 Kaoru Ishikawa crea el ahora conocido como Diagrama Ishikawa o diagrama causa – efecto o diagrama de espina de pescado que hasta hoy se utiliza en la administración moderna.

- En 1943 McCulloch & Pitts desarrollan las Redes Neuronales y en 1956 McCarthy especifica el nacimiento del término Inteligencia Artificial que sería la madre del análisis moderno de la data en la administración de nuestros tiempos.
- En 1947 George Dantzig inventa el Método Simplex o algoritmo Simplex que configura la base de la optimización lineal en la investigación de operaciones hasta nuestros tiempos.
- En 1948 Claude Shannon desarrolla la Teoría matemática de las Comunicaciones e introduce el concepto de ruido y entropía de la información que se utiliza en el análisis de los sistemas de gestión modernos.
- En 1950 Edwards Deming desarrolla y aplica los conceptos y herramientas de la Calidad a la administración de la industria japonesa que sientan las bases del desarrollo moderno de la filosofía de control y gestión de Calidad.
- En 1950 surgen los primeros MRPs (Manufacturing Resources Planning) para la planificación de recursos de manufactura y luego hacia 1955 surgen los primeros ERPs (Enterprise Resource Planning) que constituyen la base de los sistemas integrados de gestión que se usan en la administración de los negocios hasta la actualidad.
- En 1953 Igor Ansoff desarrolla la Matriz producto/mercado o vector de crecimiento conocida como Matriz de Ansoff ampliamente usada en la administración.
- En 1954 Andréi Kolmogoróv desarrolla el concepto de capacidad algorítmica que es la base para comprender la transaccionalidad que se opera en la administración hasta nuestros tiempos.
- En 1957 se desarrolla el algoritmo PERT – CPM que se utiliza en la investigación de Operaciones para la programación de proyectos.
- En 1959 Edsger Dijkstra desarrolla el algoritmo de la ruta más corta conocido como Algoritmo de Dijkstra ampliamente utilizado en la investigación de operaciones.
- En 1960 se crean las técnicas de Role Play o juego de roles ampliamente usado en la enseñanza de la administración como la sistematización de una práctica recomendada para el aprendizaje y la comunicación analítica en las empresas.
- En 1960 se desarrolla la técnica del Valor Ganado (EV) para la evaluación del valor que se gana en los proyectos en comparación con los tiempos y desembolso de este que actualmente es ampliamente utilizado en la gestión de proyectos.

- En 1969 se crea el Project Management Institute (PMI) para sistematizar y promover las técnicas y herramientas de gestión de proyectos alrededor del mundo.
- En 1970 a partir de los trabajos de Hammer y Champi surge la Reingeniería que es relanzada en los años 80 como mecanismo de revisión y transformación de los procesos de la organización para lograr un mejor desempeño de las organizaciones.
- En 1970 Philippe Bloch desarrolla el concepto de Empowerment que ampliamente se usa como estrategia de apoderamiento en el desarrollo de liderazgos hasta la actualidad como técnica de gestión del capital humano.
- En 1970 se empieza a utilizar el análisis FODA o la Matriz FODA como instrumento para el diagnóstico empresarial e identificar fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas en los negocios.
- En 1970 la empresa consultora McKinsey desarrolla la Matriz McKinsey para evaluar las carteras de negocios entre el atractivo de mercado y la fortaleza del negocio que es ampliamente utilizada en el estudio de la administración.
- En 1973 Boston Consulting Group desarrolla la Matriz BCG como herramienta de análisis para determinar estrategias que se pueden adoptar sobre las distintas combinaciones posibles de crecimiento y participación relativa en el mercado para una empresa u organización.
- En 1979 Michael Porter plantea el análisis de las 5 fuerzas competitivas del mercado que incluyen el poder de negociación de los compradores o clientes, el poder negociador de los proveedores, la amenaza de productos sustitutos, la amenaza de nuevos competidores entrantes y la rivalidad entre los competidores del mercado que es ampliamente utilizada en todas las escuelas de negocios alrededor del mundo.
- En 1980 se empieza utilizar las Matrices de evaluación de factores internos (EFI) y factores externos (EFE), la Matriz de Perfil Competitivo (MPC), la Matriz de planificación Estratégica Cuantitativa (MPEC) y la Matriz de posición Estratégica y Evaluación de la acción (Matriz PEYEA) como herramientas de análisis estratégico de amplio uso en la administración en las empresas.

- En 1980 surge en BPM (Business Process Management) a partir de las practicas de Toyota en japon como las mejores prácticas mundiales de manufactura extendiéndose como un método generalizado para la administración.
- En 1980 surge el concepto de cadena de suministro o Supply Chain Management (SCM) como una configuración que involucra una cadena integrada de operadores desde el fabricante hasta el cliente para acceder a los mercados que actualmente es ampliamente usada en el estudio y análisis de la administración de las empresas y corporaciones.
- En 1980 se desarrolla el Método Harvard como estrategia para la conducción de negociaciones efectivas a nivel mundial que actualmente es utilizado ampliamente en la administración de las empresas.
- En 1980 Bill Smith en Motorola crea el método 6 Sigma o Six Sigma como técnica estadística para reducir la variabilidad de los procesos y eliminar los factores de falla de los mismos en las organizaciones que es actualmente una filosofía de gestión ampliamente difundida en la administración.
- En 1981 surge el método SMART para asegurar el correcto dimensionamiento de los indicadores de objetivos y metas como herramientas de gestión en las organizaciones.
- En 1985 Michael Porter desarrolla la Cadena de Valor como herramienta para establecer la ventaja competitiva que puede hacer la diferencia en el mercado y que es un instrumento ampliamente usado en la administración moderna.
- En 1986 surge el CRM (Customer Relationship Management) a partir de los primeros gestores de contacto en la industria y el mercado para obtener información relevante del proceso de relacionamiento con los clientes.
- En 1990 surge la Internet como la consolidación de tecnologías previas dando un enorme salto tecnológico con la aparición de la Word Wide Web (www) como la más extendida red de comunicaciones en la historia de la humanidad.
- En 1990 se empieza a utilizar el término EBITDA en el sentido de medida de capacidad para generar efectivo en las empresas como atribución de la capacidad gerencial para la generación de caja que agrega valor a las organizaciones.
- En 1994 aparecen los primeros sistemas de gestión de calidad ISO9001, más tarde evolucionando hacia la gestión ambiental con ISO14001 (1996) y posteriormente hacia la

gestión de los riesgos con OHSAS18001 (1998) con los primeros elementos de gestión sobre la base del enfoque de procesos priorizados sobre los cuales se puede ejercer gestión, control y mejora.

- En 1996 surge el Modelo SCOR (Supply Chain Operations Reference Model) para la configuración de la gestión de la Cadena de Suministro que se utiliza en la administración como herramienta técnica para la gestión de la SCM.
- En 1996 Robert Kaplan y David Norton desarrollan el Cuadro de Mando Integral (CMI) y Balanced Score Card (BSC) como un sistema de administración que supera la tradicional perspectiva financiera para incorporar una visión integrada con los procesos, el cliente y el aprendizaje maduro de la gestión del conocimiento en el negocio que es una herramienta ampliamente usada en la administración de las empresas.
- En 1998 surge el Concepto de Gestión de la Experiencia del Cliente o Customer Experience Management (CEM) como modelo de gestión de la experiencia del cliente en una organización, producto o servicio.
- El año 2000 se empieza a desarrollar el Business Intelligence (BI) como herramienta de gestión que agrupa un conjunto de estrategias para recolectar, analizar y mejorar el conocimiento de las organizaciones sobre la base del uso de los datos para la toma de decisiones en la empresa.
- El año 2008 surge la Tecnología Blockchain como una base de datos distribuida totalmente descentralizada que permite la transferencia de valor sin duplicación considerándose el siguiente gran salto tecnológico desde la aparición del Internet transformando la manera de hacer transacciones a nivel mundial. La principal aplicación de Blockchain que son las criptomonedas revolucionan la banca y el mercado financiero generando nuevos paradigmas con múltiples aplicaciones potenciales futuras.
- El 2009 Alexander Osterwalder crea el modelo CANVAS o Lienzo de Canvas como estrategia para modelar los negocios e interpretar el modelo de negocio de las organizaciones que es ampliamente utilizado como herramienta clave en casi todas las escuelas de negocio a nivel mundial (Schwarz Díaz, 2015).

CAPÍTULO 2. MARCO TEORICO

En esta sección se estructuran y presentan los referentes teóricos clave para proporcionar una comprensión integral del problema. El primer punto, conceptualiza la administración o planeación de proyectos, un apartado fundamental en esta investigación teniendo en cuenta todo lo que se ha problematizado anteriormente y con ello, identificando la necesidad de conocer ampliamente los puntos a considerar en el diseño de una planeación; siendo entonces este primer inciso la brújula que guiará el desarrollo de la metodología de esta tesis.

El segundo epígrafe brinda un panorama general, pero no por ello ambiguo de las normas mexicanas que se deben considerar al momento de realizar una planeación, puesto que es fundamental pensar y diseñar cada una de las actividades bajo la legalidad planteada por el país en cuestión, en este caso México; esto posibilitará garantizar el cumplimiento, la seguridad, la viabilidad del proyecto y la imagen corporativa de la empresa.

Finalmente, considerando que el proyecto electromecánico bajo el cual se desarrolló esta investigación está contemplado para su finalización en el año 2028, y, en consecuencia, respecto al cual no se podrán obtener resultados definitivos a la fecha, se vio entonces pertinente implementar una técnica de simulación que ayude a anticipar los posibles resultados que se podrían obtener si el proyecto se desarrollara bajo una planificación previa, similar a la propuesta en esta tesis. Por lo tanto, el último apartado de este capítulo se enfocará en describir qué es la simulación, su aplicabilidad en la planificación de proyectos y, específicamente, en cuál de sus tipos se centrará debido a su relevancia para el presente trabajo.

2.1. LA IMPORTANCIA DE LA PLANEACIÓN DE PROYECTOS EN EL DESARROLLO DE PROGRAMAS ELECTROMECAÓNICOS.

Para el Project Management Institute (2013), un proyecto hace referencia a la planeación y ejecución de una serie de actividades complejas e interconectadas que buscan alcanzar un objetivo específico, en un tiempo determinado y con unas características particulares. En este caso puntual, el desarrollo del proyecto electromecánico en cuestión implica entonces, además de la ejecución de las actividades necesarias para su realización, el diseño de un anteproyecto que contemple: la distribución de cargas, los tiempos, las reservas de energía y demás puntos ya problematizados anteriormente, necesarios estos para la culminación exitosa del programa.

Dentro del campo de las ingenierías son diversas las técnicas las que se utilizan y/o se tienen en cuenta en la planificación de un proyecto, algunas de las tantas que se pueden encontrar en el libro *Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling* de Kerzner (2017) son:

- ***El diagrama de Gantt:*** técnica que representa de forma gráfica el tiempo por cada actividad del proyecto. La utilidad de esta técnica radica en que gracias a ella podemos vislumbrar de una forma holística la secuencia de actividades con su respectiva duración e interdependencia con otras, ayudando así a programar y controlar el avance del proyecto.
- ***Matriz de asignación de responsabilidades (RACI):*** Esta técnica se utiliza para definir y comunicar roles y responsabilidades dentro del proyecto. Ayuda a asegurar que cada tarea esté asignada a la persona adecuada y que todos los miembros del equipo comprendan sus responsabilidades.
- ***Análisis del valor de ganado (Earned Value Analysis):*** Esta técnica combina la programación del proyecto con la gestión de costos para evaluar el rendimiento del proyecto en términos de costo y tiempo. Permite comparar el progreso real con el planificado y prever posibles desviaciones.
- ***Diagrama de Flujo de Procesos (PFD):*** Es una representación visual de los procesos y flujos de trabajo dentro del proyecto electromecánico. Ayuda a identificar áreas de mejora y optimizar la eficiencia operativa.

- **Análisis de Redes:** Esta técnica incluye tanto la PERT (Técnica de Evaluación y Revisión de Programas) como el método del camino crítico (CPM). Permite identificar las actividades críticas del proyecto, aquellas que determinan la duración total del proyecto. Es útil para optimizar los recursos y gestionar el tiempo de manera eficiente.

En tal sentido, será esta última en la que se centrará esta tesis, no solo por su amplia utilidad en la administración de proyectos electromecánicos, dando a conocer con ello su efectividad, sino también, porque considerando la problemática anteriormente descrita se considera como la más propicia para alcanzar el objetivo propuesto, pues pone en diálogo los dos puntos claves de esta investigación, el tiempo y la optimización de recursos para una culminación exitosa del programa.

Como ya se dijo anteriormente, la PERT es una técnica probabilística utilizada para analizar y representar las tareas involucradas en el desarrollo y finalización de un proyecto, pues ayuda a estimar el tiempo necesario para completar cada tarea de forma eficiente. Para ello, la técnica PERT plantea que en el diseño de la planificación de un proyecto se deben contemplar los siguientes puntos:

- a) Identificación de actividades:** Enumera todas las actividades necesarias para completar el proyecto. Cada actividad debe ser clara y específica, con un inicio y un final definidos.
- b) Estimación de tiempos:** Estima tres tiempos para cada actividad: tiempo optimista (O), que es el tiempo más corto que se puede completar la tarea, tiempo pesimista (P), el cual hace referencia al tiempo más largo en el que se puede completar la tarea), y el tiempo más probable (M), es decir, el tiempo más probable en que se tarde en completar la tarea.
- c) Cálculo de tiempo esperado:** Utiliza la fórmula de la media ponderada para calcular el tiempo esperado (TE) de cada actividad: $TE = (O + 4M + P) / 6$.
- d) Determinación de la ruta crítica:** Utiliza un diagrama de PERT para representar las actividades y sus dependencias. Las actividades en esta ruta crítica determinan la duración

mínima del proyecto y cualquier retraso en estas actividades afectara directamente a la duración total del proyecto.

- e) **Representación gráfica:** Utiliza un diagrama de red PERT para representar las actividades y sus dependencias. Las actividades se muestran como nodos y las flechas indican las secuencias y dependencias entre ellas.
- f) **Gestión de riesgos:** La técnica PERT ayuda a identificar actividades críticas y no críticas, lo que facilita la identificación de áreas de riesgo. Puedes concentrar tus esfuerzos de gestión de riesgos en las actividades críticas para minimizar la posibilidad de retrasos en el proyecto.
- g) **Revisión y actualización:** Revisa y actualiza regularmente tus estimaciones de tiempo a medida que avanza el proyecto. A medida que se complete cada actividad, se obtendrá información más precisa para actualizar estimaciones y ajustar tu planificación en consecuencia.
- h) **Flexibilidad:** Reconoce que las estimaciones de tiempo son solo eso: estimaciones. La técnica PERT proporciona un enfoque probabilístico que te permite comprender mejor la variabilidad en los tiempos de entrega y planificar en consecuencia.

En definitiva, la técnica PERT Es particularmente útil para proyectos con un alto grado de incertidumbre y donde las tareas pueden tener diferentes duraciones, como es el caso del proyecto bajo el cual se está desarrollando esta investigación.

Por otro lado, dentro del análisis de redes también se hace mención del Método de ruta crítica (CPM), esta es una técnica determinista utilizada para analizar y representar las tareas involucradas en la finalización de un proyecto. A diferencia de PERT, CPM utiliza una única estimación de tiempo para cada tarea, por lo general el tiempo más probable para completar la tarea CPM calcula la duración esperada del proyecto e identifica la ruta crítica, que es la secuencia más larga de tareas dependientes que determina la duración más corta posible del

proyecto. En este sentido, el CPM es particularmente útil para proyectos en los que la duración de las tareas es relativamente cierta y hay poca certidumbre.

Tanto PERT como CPM ayudan a los gerentes de proyectos en la programación, la asignación de recursos y la identificación de tareas críticas que podrían retrasar todo el proyecto si no se completa a tiempo. Son herramientas valiosas en la gestión de proyectos, cada una con sus propias fortalezas y debilidades, y se pueden utilizar individualmente o en combinación dependiendo de la naturaleza del proyecto y el nivel de incertidumbre involucrado.

2.2. NORMATIVIDAD APLICADA PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CLEAN ROOMS (CUARTOS LIMPIOS)

Un Clean Room es un fenómeno moderno. Si bien las raíces del diseño y la gestión de los cuartos limpios se superan a más de 100 años y en la actualidad, se establecen en el control de infecciones en los hospitales, la necesidad de un entorno limpio para la fabricación industrial es un requisito de la sociedad moderna. Los cuartos limpios son necesarios porque las personas, la maquinaria de producción y la estructura del edificio generan contaminación: como principal función se logra controlar el ambiente para poder mejorar la producción que se realice al interior de este ambiente controlado. (Quality New, 2016)



FIGURA 2 Clean Room

El diseño de un cuarto limpio es un campo desafiante dominado por la necesidad de alta confiabilidad, mantenimiento y de estrictos requisitos de limpieza de espacios, controles de temperatura y humedad efectivos, lo que conjuga y exigen una rigurosa normatividad en la que es de vital importancia para cumplir con las reglas básicas de seguridad que son garantizar la seguridad de las personas, seres vivos y los bienes o, equipos contra los riesgos que puedan resultar de la utilización de las instalaciones eléctricas o, electromecánicas. (NOM-001-SEDE-2012).

La importancia primordial del cumplimiento de las normativas vigentes establecidas por el DOF es garantizar la confiabilidad, continuidad y seguridad de la utilización de las instalaciones eléctricas o electromecánicas, para garantizar el flujo continuo de operatividad en las instalaciones de los Clean Rooms. El objetivo de cumplir con esta NOM es establecer las especificaciones y lineamientos de carácter técnico que deben satisfacer las instalaciones destinadas a la utilización de la energía eléctrica, a fin de que ofrezcan condiciones adecuadas de seguridad para las personas y sus propiedades, en lo referente a la protección contra:

- Las descargas eléctricas
- Los efectos térmicos
- Las sobre corrientes
- Las corrientes de falla
- Las sobretensiones

El cumplimiento de las disposiciones indicadas en la NOM promueve el uso de la energía eléctrica en forma segura (SENER, 2019).

La normativa ISO es una serie de documentos que señalan lo que se puede requerir a las organizaciones para resaltar la garantía de los productos y servicios que ofrecen, con el fin de que cumplan sus objetivos. Las siglas ISO significan «International Organization for Standardization» y hay más de 19500 normas ISO que dictan los estándares mínimos que deben cumplir los productos de todo tipo de sectores, incluyendo, por supuesto, los Clean Rooms.

Así, la normativa ISO en cuanto a Clean Rooms trata de evitar la contaminación microbiana o cruzada con otro tipo de productos, así como cualquier otra posible contaminación externa, como las que puedan crear los propios operarios. La concentración de partículas existentes en el aire es controlada, y en cuanto a su construcción y uso, debe minimizarse la creación, retención e introducción de partículas, para garantizar la seguridad.

Esta normativa sufre modificaciones parciales de forma relativamente frecuente y actualizaciones completas cada lustro. De hecho, en la actualidad se encuentran varios proyectos en fase de tramitación, que tratarán temas como la “Eficiencia energética en Clean Rooms y dispositivos separadores” o “Aplicaciones de la tasa de disposición de partículas”

De acuerdo con Sun Han (2016) el cuarto limpio debe cumplir con 18 áreas, las cuales se enlistan a continuación, pues son estas las que se deben atender según la Norma ISO 14644:

- a)** Clasificación de la limpieza del aire por concentración de partículas.
- b)** Monitoreo para proporcionar evidencia del desempeño de la sala limpia relacionado con la limpieza del aire por concentración de partículas.
- c)** Métodos de Ensayo.
- d)** Diseño, construcción y puesta en marcha.
- e)** Operaciones.
- f)** Vocabulario de términos y definiciones relacionados con salas limpias y entornos controlados asociados.
- g)** Dispositivos separativos (campanas de aire limpio, guanteras, aisladores y mini ambientes).
- h)** Clasificación de la limpieza del aire por concentración química (ACC).
- i)** Clasificación de la limpieza superficial por concentración de partículas.
- j)** Clasificación de la limpieza de superficies por concentración química.
- k)** No existe esta parte. En algunas literaturas figura como una parte en proceso de borrador.
- l)** Especificaciones para el seguimiento de la limpieza del aire mediante concentración de partículas a nano escala.
- m)** Limpieza de superficies para conseguir niveles de limpieza definidos en cuanto a clasificaciones de partículas y químicos.
- n)** Evaluación de la idoneidad de uso de los equipos mediante concentración de partículas en el aire.
- o)** Evaluación de la idoneidad de uso de equipos y materiales por concentración de sustancias químicas en el aire.
- p)** Código de prácticas para la mejora de la eficiencia energética en salas blancas y dispositivos de aire limpio.
- q)** Aplicaciones de la tasa de deposición de partículas.
- r)** Evaluación de idoneidad de consumibles.

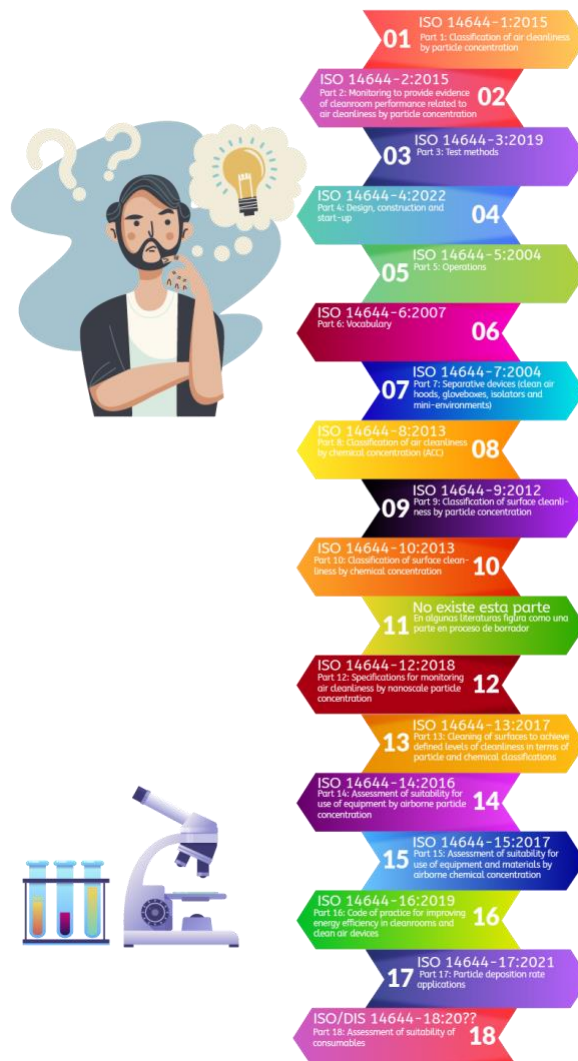


FIGURA 3 Normativa a cumplir según la ISO

Los sectores de aplicación de la normativa ISO 14644-1 son el aeroespacial, el de farmacia, hospitalario y el de productos sanitarios, así como el de la industria alimentaria. La metodología por seguir en la medición del aire que recoge esta normativa define a su vez el número mínimo de puntos que deben tratarse en el muestreo, así como el tamaño de la fuente (Sun Han, 2016).

Una vez que se tiene identificada la técnica para la revisión, planeación y la normativa para la construcción del proyecto, pasamos a la simulación del desarrollo, el cual es un método determinístico, con alta certidumbre para visualizar un panorama con respecto al tiempo proyectado de construcción deseado.

2.3. SIMULACIÓN ESTOCÁSTICA

El diseño y la implementación de una simulación depende del sistema que se esté modelando y también del lenguaje o paquete de computadora específicos que se disponga. Sin embargo, en cada simulación se realizan ciertos pasos generales que a continuación se describen:

2.3.1. Clasificación del sistema

El diseño de un modelo de simulación depende de clasificar el sistema como uno de dos tipos:

- Un sistema de eventos discretos: en el que el estado del sistema cambia sólo en ciertos puntos en el tiempo.
- Un sistema de eventos continuos: en el que el estado del sistema cambia continuamente en el tiempo, es decir, a cada instante.

Además de las definiciones anteriores, un sistema de eventos discretos puede clasificarse en dos tipos más:

- Un sistema de terminación: es aquel, en el que existe un punto de inicio y terminación preciso y conciso. Cuando un sistema es de terminación, la longitud de la simulación, es decir, la cantidad de tiempo sobre la cual conducir la simulación con propósito de análisis va de su punto de inicio a su punto de terminación. Para obtener resultados confiables para un sistema de terminación, se necesita determinar cuántas veces se debe repetir la simulación.
- Un sistema de no terminación: es aquel que está en curso y que carece de puntos de inicio y terminación precisos y concisos. Para obtener datos confiables en un sistema de

no terminación es necesario elegir el número de veces que debe repetirse la simulación, así como la longitud apropiada de cada simulación.

2.3.2. Identificación de los componentes de una simulación.

Antes de diseñar los detalles de una simulación es decisivo tener una clara comprensión de los objetivos del estudio en la forma de **salidas numéricas** específicas. Algunos ejemplos de salidas numéricas dependen del tipo de situación que se esté estudiando, por ejemplo:

- a) Para evaluar el funcionamiento de un banco se puede necesitar saber: el tiempo promedio que un cliente permanece esperando en la fila, la fracción de tiempo que los ejecutivos están ocupados en atender a los clientes, el promedio o longitud máxima de la línea de espera.
- b) Una política de inventario: el nivel de inventario promedio en un periodo, el número de veces y la cantidad en que no se puede satisfacer la demanda y el costo asociado total de la política seleccionada.

Así como estos dos ejemplos, siempre es necesario conocer en primera instancia lo que se desea obtener del estudio. Una vez identificadas las salidas, el siguiente paso es identificar las entradas. Estas son valores numéricos que, una vez determinados, permiten iniciar la simulación y calcular todas las salidas deseadas. Existen tres categorías de posibles entradas:

- a) Condiciones iniciales: valores iniciales que expresan el estado del sistema al principio de la simulación. Estos datos son de mayor importancia y se deben tratar con cuidado sobre todo en la simulación de sistemas de terminación.
- b) Datos determinísticos: Valores conocidos que son necesarios para calcular las salidas de una simulación.
- c) Datos probabilísticos: magnitudes numéricas cuyos valores son inciertos pero necesarios para obtener las salidas de la simulación. Aunque los valores específicos de estos datos probabilísticos son inciertos, su comportamiento general debe

conocerse a través de una distribución de probabilidad o de una función de densidad dependiendo, respectivamente, de si el valor es discreto o continuo.

2.3.3. Diseño de la simulación.

Una vez que se han identificado las salidas y las entradas necesarias para calcularlas, la simulación real consiste en generar números aleatorios y en la contabilidad.

Generación de números aleatorios. Estos sirven para obtener las entradas probabilísticas para el modelo dependiendo del tipo de distribución o función de probabilidad que estén siguiendo las variables aleatorias.

Contabilidad: consiste en diseñar un método sistemático para almacenar y procesar todos los valores de entrada y para realizar los cálculos necesarios para obtener los valores de salida.

Obtención de las estadísticas finales consiste en:

- a) El tiempo estimado de espera. (El mejor escenario o tiempo esperado)
- b) El numero promedio
- c) El número máximo (El peor escenario)

Es importante darse cuenta de que las estadísticas específicas obtenidas se basan en lo siguiente:

- a) Las condiciones iniciales dadas
- b) Los datos generados de acuerdo con un estimado

Cuando el cálculo de las estadísticas se basa en un periodo relativamente corto de 60 minutos, las condiciones iniciales pueden tener un efecto significativo sobre los valores finales. Sin embargo, si la simulación se realiza sobre un periodo más largo, digamos, un periodo de 2 horas puede suponer que los efectos de las condiciones iniciales son relativamente insignificantes. En general, mientras más largo sea el periodo que simula, menor es el impacto de las condiciones iniciales.

Otra forma de asegurarse de los valores de las estimaciones de las medidas de funcionamiento es repetir la simulación y los cálculos anteriores para muchos días diferentes y, luego tomar el promedio de cada estadística.

2.3.4. Recolección de datos

Aunque las entradas probabilísticas son generadas finalmente por la computadora usando números aleatorios, primero debe determinarse su distribución. Además, las entradas determinísticas y las condiciones iniciales también deben especificarse cuando se construye el modelo de simulación. Recuerde que obtener los tres tipos de entradas puede ser costoso y tardado porque implica recolectar y analizar los datos apropiados.

Por ejemplo, al usar la simulación por computadora para determinar cuánto tiempo debe permanecer en verde un semáforo y cuánto debe permanecer en rojo en una intersección muy transitada, los tiempos de Inter llegadas entre los carros constituyen una entrada probabilística. De la experiencia anterior hay razones para creer que la distribución subyacente es exponencial para intersecciones en general, pero usted debe verificar este supuesto para el flujo de tráfico en esta intersección particular. Incluso si el supuesto es válido, debe estimar la media de la distribución. Tal vez tenga que contratar a una persona o comprar un dispositivo mecánico para registrar los tiempos de llegada de carros con la luz durante un cierto periodo.

Es necesario entonces el análisis estadístico para determinar la media apropiada y para dar validez al supuesto de que los tiempos de Inter llegada siguen una distribución exponencial. Si la suposición exponencial no es válida, todavía puede usar la distribución que sea apropiada en la simulación.

Como la salida de una simulación se basa completamente en los valores de las entradas, la confiabilidad de la salida es sólo tan buena como la exactitud de las entradas. Por tanto, debe dedicarse suficiente tiempo y esfuerzo a recolectar y analizar los datos.

2.3.5. Aspectos estadísticos de la simulación

Un conjunto de valores de entrada para un modelo de simulación es el conjunto de condiciones iniciales que describe el estado del sistema en el momento en que comienza la simulación. En muchos casos, estos valores son fijos y se determinan fácilmente debido a la naturaleza del sistema.

En contraste, en algunos problemas las condiciones iniciales no están tan fácilmente disponibles o, de hecho, no se conocen. Aplicando la técnica de la ciencia administrativa de la simulación por computadora es una herramienta útil para estudiar sistemas complejos que no pueden analizarse matemáticamente debido a lo siguiente:

- a) No es posible o práctico desarrollar una metodología de solución basándose en un análisis matemático.
- b) Aplicar un análisis matemático requiere supuestos adicionales acerca del modelo que no son aplicables o realistas.

El diseño y análisis de un modelo de simulación depende de clasificar primero el sistema como un sistema de eventos discretos, en el que el estado del sistema cambia sólo en ciertos puntos en el tiempo, o un sistema continuo, en el que el estado del sistema cambia en cualquier momento del tiempo, continuamente. Sólo los sistemas de eventos discretos se analizan.

Estos sistemas discretos se clasifican todavía como de terminación, en los que las condiciones iniciales y de terminación son precisas y conocidas, o de no terminación, en los que el sistema está en curso. En el primer caso, es necesario determinar sólo el número de corridas de simulación; en el último caso, también debe determinar la longitud de cada corrida de simulación. El diseño de los detalles de una simulación por computadora implica especificar los objetivos del estudio en la forma de salidas numéricas específicas. Entonces debe identificar las entradas necesarias, que caen en una de las siguientes categorías:

- a) Condiciones iniciales, que describen el estado de inicio del sistema.
- b) Datos determinísticos, que consisten en valores conocidos necesarios para realizar los cálculos en la obtención de las salidas.
- c) Datos probabilísticos, que consisten aquellas cantidades cuyos valores son necesarios para obtener las salidas de la simulación, pero que son inciertos. Aunque los valores específicos de estos datos probabilísticos se desconozcan, su comportamiento general debe conocerse mediante una distribución de probabilidad o una función de densidad dependiendo, respectivamente, de si los valores son discretos o continuos.

La simulación real consiste en usar un paquete de simulación por computadora u otro lenguaje de computadora para escribir un modelo y realizar los siguientes dos pasos:

Paso 1. Generación de números aleatorios: Obtenga las entradas probabilísticas para el modelo generando números aleatorios de acuerdo con las distribuciones conocidas asociadas.

Paso 2. Contabilidad: Diseñe un método sistemático para almacenar y procesar todos los valores de entrada y realizar los cálculos necesarios a fin de obtener los valores de salida (Mathur & Solow, 1996).

2.4.DISTRIBUCIÓN TRIANGULAR.

La distribución triangular fue una de las primeras distribuciones propuestas de tipo continuo, presentada en 1755 por el matemático inglés Thomas Simpson. La Distribución Triangular se utiliza normalmente como modelo para una fuente de aleatoriedad cuando no hay datos del sistema disponibles; rara vez es una representación precisa de un conjunto de datos (ver La y Kelton). Es una distribución muy utilizada en la duración de proyectos económicos utilizando la información aportada por un investigador experto en el tema, al quedar perfectamente

determinada a partir del valor mínimo “a”, el valor máximo “b” y el valor más probable (moda) “m”.

Esta distribución se emplea generalmente en la primera etapa de construcción de un modelo, cuando el tiempo es crítico y se está desarrollando una comprensión básica del sistema. Si no se puede encontrar una distribución teórica que sea una buena representación de una fuente de aleatoriedad, entonces se debe utilizar una distribución empírica (o definida por el usuario). En este caso, se utilizan números aleatorios para tomar muestras de una función de distribución construida a partir de los datos observados del sistema.

$$f(x) = \begin{cases} \frac{2(x - \min)}{(\max - \min)(\text{mode} - \min)} \\ \frac{2(\max - x)}{(\max - \min)(\max - \text{mode})} \end{cases}$$

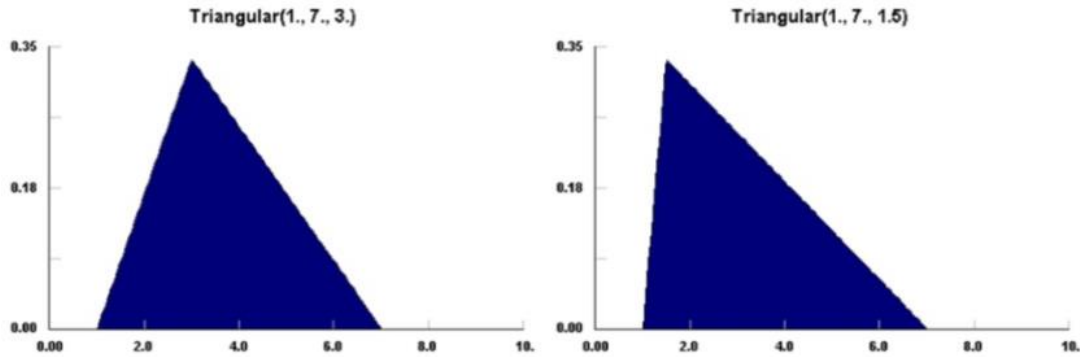
min = minimum x value
max = maximum x value
mode = most likely x

Ecuación 1

La información necesaria para esta distribución se puede capturar haciendo tres preguntas:

- a) ¿Cuál es la menor cantidad de tiempo que ha tomado alguna vez para completar esta actividad?
- b) ¿Cuánto tiempo suele tardar en completar esta actividad?
- c) ¿Cuál es el mayor tiempo que ha tomado jamás realizar esta actividad?

La distribución triangular puede adoptar formas muy asimétricas, como se muestra a continuación, incluida la asimetría negativa. Para los casos excepcionales en los que la moda es mínima o máxima, la distribución triangular se convierte en un triángulo rectángulo.



1. "Simulation Modeling & Analysis", Averill M. Law, W. David Kelton, 1991, McGraw-Hill, p 341

FIGURA 4 Distribución triangular

La distribución presenta distintas intensidades en su asimetría dependiendo de la situación del valor modal con respecto al centro del intervalo.

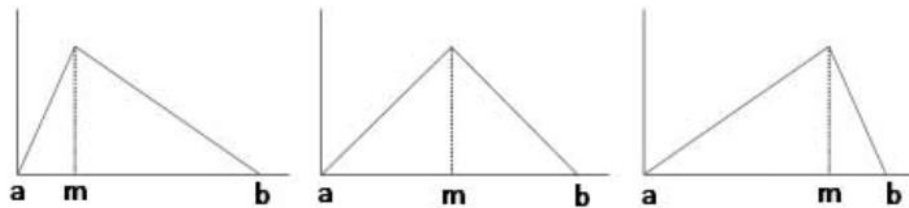


FIGURA 5 Distribución triangular

La principal ventaja de esta distribución, cuando se emplea en problemas en ambientes de incertidumbre, es que queda completamente determinada por tres típicos valores de la metodología PERT (optimistas, más probable y pesimista).

La distribución triangular además de ser utilizada en la metodología PERT, ha sido utilizada en el método de simulación de Montecarlo, en sistemas de simulación discretos y en el software de análisis de incertidumbre.

CAPÍTULO 3. ESTADO DEL ARTE.

Como se ha dicho en apartados anteriores, la administración de proyectos es una disciplina fundamental en el ámbito empresarial, donde el éxito de una empresa depende en gran medida de su capacidad para planificar, ejecutar y controlar proyectos de manera eficiente y efectiva. En este contexto, técnicas como PERT (Program Evaluation and Review Technique) y CPM (Critical Path Method) han surgido como herramientas clave para la gestión de proyectos, proporcionando a los gerentes de proyectos una estructura sólida para planificar y controlar el tiempo y los recursos involucrados en un proyecto.

En este orden de ideas, el estudio de Linde Valdivia (2019), destaca la importancia y la aplicabilidad de las técnicas de PERT y CPM en la administración de proyectos. Uno de los aspectos más destacados del documento es la capacidad de PERT y CPM para ayudar a los gerentes de proyectos a establecer plazos realistas y optimizar los recursos disponibles. El documento en cuestión hace énfasis en el hecho de que, si los gerentes de proyectos logran identificar la ruta crítica del proyecto, que consiste en las actividades que determinan la duración total del proyecto, pueden enfocar sus esfuerzos en las actividades críticas y tomar decisiones informadas para mantener el proyecto dentro del plazo establecido.

Por otro lado, el documento de Ming Lu y AbpuRizk (2000), proporciona una valiosa visión sobre cómo aplicar técnicas de gestión de proyectos en este contexto específico, destacando la importancia de la planificación detallada, la asignación eficiente de recursos y la gestión efectiva de riesgos. Los proyectos de ingeniería presentan desafíos únicos, como la gestión de múltiples contratistas, la coordinación de diferentes disciplinas y la gestión de recursos limitados en entornos a menudo complejos y cambiantes. En este sentido, el documento ofrece perspectivas sobre cómo abordar estos desafíos mediante la aplicación de técnicas de gestión de proyectos probadas y herramientas específicas para este sector.

Uno de los aspectos clave que el documento aborda es la aplicación de técnicas como PERT y CPM en proyectos de ingeniería. Estas técnicas permiten a los gerentes de proyectos crear diagramas de red que representan las actividades del proyecto y sus interdependencias,

identificar la ruta crítica del proyecto y determinar los tiempos esperados y varianzas asociadas con cada actividad. Esto es crucial en proyectos de ingeniería, donde los plazos ajustados y los recursos limitados son comunes.

El documento ofrece ejemplos prácticos y estudios de casos de proyectos de ingeniería en los que se han aplicado con éxito técnicas de gestión de proyectos. Estos ejemplos proporcionan una visión más detallada de cómo se implementan estas técnicas en la práctica y cómo contribuyen al éxito del proyecto. Es importante destacar que la gestión de proyectos en el campo de la ingeniería civil y la construcción, caso puntual en el que se basa este documento (Ingeniería Eléctrica), va más allá de las técnicas de programación y control. También implica la gestión eficiente de recursos, la coordinación de equipos multidisciplinarios y la identificación y mitigación de riesgos específicos del proyecto, como condiciones climáticas adversas, cambios en los requisitos del cliente y problemas de seguridad en el sitio de trabajo.

Por otro lado, teniendo en cuenta que los proyectos modernos enfrentan una serie de desafíos, incluida la variabilidad en los tiempos de actividad y las relaciones de precedencia entre actividades. La simulación estocástica representa un gran aporte para la administración de proyectos; así las cosas, el estudio de Muñoz y Muñoz (2010) destaca cómo la simulación estocástica puede complementar estas técnicas tradicionales al proporcionar una visión más completa de la variabilidad en los tiempos de proyecto y la probabilidad de cumplir con los plazos establecidos. Al modelar múltiples escenarios posibles y tener en cuenta la incertidumbre en los tiempos de actividad y las relaciones de precedencia, la simulación estocástica permite a los gestores de proyectos tomar decisiones más informadas y mitigar los riesgos asociados con la planificación y ejecución del proyecto.

Es importante destacar que la simulación estocástica no pretende reemplazar completamente las técnicas tradicionales como PERT y CPM, sino más bien complementarlas. PERT y CPM siguen siendo herramientas valiosas para la identificación de la ruta crítica del proyecto y la programación de actividades, pero la inclusión de la simulación estocástica agrega una capa adicional de análisis que tiene en cuenta la incertidumbre y la variabilidad, lo que resulta en una planificación más robusta y realista.

El estudio subraya la importancia de considerar diferentes tipos de precedencias en la modelización de proyectos, como precedencias terminales, precedencias en serie y precedencias en paralelo. Estas consideraciones son fundamentales para capturar la complejidad de los proyectos reales y garantizar que los modelos de simulación reflejen con precisión la estructura y la dinámica del proyecto.

Por otro lado, centrándonos en la industria eléctrica el estudio presentado por (Zio et al., 2015) ofrece una contribución a dicho campo pues proporciona un enfoque innovador para abordar el problema de programación de la fuerza laboral en la industria eléctrica, destacando la importancia de considerar la incertidumbre y la variabilidad en la planificación de recursos humanos.

Así las cosas, el documento revisado aborda la planificación de la fuerza laboral en la industria eléctrica mediante un enfoque innovador de programación estocástica, que integra la incertidumbre en la demanda de trabajo para optimizar la asignación de recursos humanos y reducir los costos operativos. La contribución principal de este estudio radica en la aplicación de la programación estocástica para abordar la incertidumbre en la planificación de la fuerza laboral en la industria eléctrica. A diferencia de enfoques tradicionales que pueden pasar por alto la variabilidad en la demanda de trabajo, el modelo propuesto permite tomar decisiones más informadas al considerar la incertidumbre y sus efectos en la eficiencia operativa.

Los hallazgos del estudio indican que el enfoque de programación estocástica propuesto puede conducir a una mejor asignación de recursos humanos, reduciendo los costos operativos y mejorando la capacidad de respuesta ante cambios en la demanda de trabajo. Estos resultados sugieren que la consideración de la incertidumbre en la planificación de la fuerza laboral puede tener un impacto significativo en la eficiencia y la rentabilidad de las operaciones en la industria eléctrica.

El estudio destaca la importancia de adaptar el enfoque de programación estocástica a las necesidades y restricciones específicas de la industria eléctrica, incluidas las regulaciones laborales y de seguridad. Esto subraya la relevancia práctica del enfoque propuesto y su

potencial para ser aplicado en otros sectores industriales que enfrentan desafíos similares en la gestión de la fuerza laboral.

Sin embargo, es importante tener en cuenta algunas limitaciones del estudio, como las simplificaciones en el modelado de la incertidumbre y las suposiciones específicas sobre la disponibilidad y las habilidades de la fuerza laboral. Por lo tanto, existen oportunidades para futuras investigaciones que podrían mejorar la precisión y la aplicabilidad del modelo propuesto, así como explorar su viabilidad en diferentes contextos y sectores industriales.

Ahora bien, centrándonos específicamente en las redes eléctricas, un aspecto fundamental en la planificación y operación de las redes eléctricas, especialmente en un contexto de creciente complejidad y cambio; el libro de Billinton & Li (1994) "Reliability Assessment of Electric Power Systems Using Monte Carlo Methods" ofrece una contribución significativa al campo al proporcionar una guía detallada sobre cómo utilizar métodos de Monte Carlo para abordar este desafío crucial.

Uno de los aspectos más destacados del libro es su enfoque en los métodos de Monte Carlo, una técnica estadística poderosa que permite simular una amplia gama de escenarios posibles, teniendo en cuenta la incertidumbre inherente en los sistemas eléctricos. Esta metodología ofrece una manera efectiva de evaluar la confiabilidad de los sistemas eléctricos al considerar factores como la demanda de energía variable, la disponibilidad de equipos y la ocurrencia de eventos imprevistos.

El libro proporciona una visión detallada de cómo aplicar los métodos de Monte Carlo en la evaluación de la confiabilidad, desde la generación de datos aleatorios hasta la simulación de eventos y el análisis de resultados. Además, explora diversas técnicas y herramientas para modelar la confiabilidad, incluidos los modelos de fallas de equipos y los perfiles de carga de los consumidores. Una de las fortalezas del documento es su capacidad para abordar tanto aspectos fundamentales como temas avanzados en la evaluación de la confiabilidad. Por ejemplo, se discuten estrategias para evaluar la confiabilidad en sistemas de energía renovable,

así como la optimización de la confiabilidad a través de estrategias de mantenimiento y planificación de la infraestructura.

En resumen, "Reliability Assessment of Electric Power Systems Using Monte Carlo Methods" ofrece una guía integral y práctica para evaluar la confiabilidad de los sistemas eléctricos utilizando métodos de Monte Carlo. Su enfoque sistemático y su cobertura exhaustiva lo convierten en una lectura imprescindible para ingenieros eléctricos, planificadores de redes y profesionales en el campo de la energía que buscan mejorar la confiabilidad y la seguridad de los sistemas eléctricos en un entorno dinámico y cambiante.

CAPÍTULO 4 METODOLOGIA.

4.1. INTRODUCCIÓN.

En este capítulo, se presenta en primer lugar el procedimiento que se llevó a cabo para la aplicación de la metodología de PERT y CPM para la administración de la construcción electromecánica de la planta de fabricación de alto volumen (sensor LIDAR). Así mismo, debido a la importancia del proceso de la definición de distribución de cargas y del impacto que no se tenga la certidumbre de su totalidad, se presenta la metodología para la construcción de un modelo de simulación con el cual se presenten diversos escenarios de diferentes factores de utilización con respecto a los consumos de energía de cada uno de los equipos que son proyectados como parte del proceso de manufactura.

4.2. IDENTIFICACIÓN DE LAS ACTIVIDADES PARA LA APLICACIÓN DE LA TÉCNICA PERT Y CPM

Como primer paso, se procedió a obtener todas las actividades para el desarrollo del proyecto. Energy Electric la compañía encargada del desarrollo para la construcción del proceso electromecánico, en su establecida experiencia de trabajo en los Clean-Rooms ya que este tipo de instalaciones, a pesar de que existe una certificación de ISO 14644, no establece y no obliga a realizar instalaciones electromecánicas bajo un procedimiento específico o, con certeza, se efectuaron pláticas con los expertos de construcción y certificación de Clean-Rooms de la empresa desarrolladora del proyecto, quienes con base a su experiencia y en trabajo colaborativo, se definieron las actividades generales del proyecto. Cabe destacar que todas las actividades son de suma importancia para llevar el desarrollo de las instalaciones electromecánicas con la seguridad que requieren las normas oficiales mexicanas (NOM) e internacionales como la NFPA, y el NEC.

A continuación, se describen cada una de las actividades identificadas para el desarrollo del proyecto:

4.2.1. Inicio / memoria de cálculo

El contenido de la memoria de cálculo son los datos básicos que han servido para la definición, el objeto de la obra y la justificación de la solución adoptada. Como mínimo consta de la siguiente información:

Tabla 1 Datos mínimos para realizar memoria de cálculo

Datos relativos al propietario	Definición y objeto del proyecto	Normativa para considerar
Clasificación y Características de las Instalaciones.	Clasificación de las dependencias según el Riesgo.	Características: de las canalizaciones, identificación de los conductores, receptores, protecciones, etc.
Requerimientos de Potencia.	Potencia Instalada de Fuerza y Alumbrado.	Contadores de Energía y Potencia Para Contratar.
Descripción de la Instalación.	Instalaciones de Enlace.	Instalaciones Receptoras de Fuerza y Alumbrado.
Características y secciones de los conductores que se van a emplear.	Características y diámetros de los tubos para canalizaciones.	Relación nominal de los receptores que se prevén instalar y su potencia.
Sistemas y dispositivos de seguridad adoptados y cuantos detalles sean necesarios de acuerdo con la importancia de la instalación.	Dispositivos de corte y protección adaptados.	Secciones de los conductores.
Instalaciones de Puesta a Tierra.		

4.2.2.- Recepción de planos

Esta actividad consiste en reflejar de manera gráfica, como se debe ejecutar el proyecto, conteniendo la información necesaria para su interpretación. Normalmente incluyen:

Tabla 2 Recepción de planos

Plano de general de planta.	Plano del Cuadro General de Mando y Protección.	Esquema de Contadores.
Planos de Planta Alumbrado y Fuerza con la Ubicación exacta de las tomas de corriente, los cuadros eléctricos, luminarias, tableros, interruptores, pulsadores, conmutadores, equipos autónomos de alumbrado de emergencia, etc.	Croquis del trazado de las Canalizaciones.	Esquema de Puesta a Tierra.

4.2.3.- Información escrita.

Contempla los programas generales de ejecución de los trabajos calendarizado en periodos o, metas. En él se deben incluir:

Tabla 3 Información escrita

Programa de la utilización de la mano de obra.	Programa del suministro de materiales y equipos de instalación permanente.	Programa de la utilización de la maquinaria y equipos de construcción.
Archivos de utilidades.	Instalaciones de alto volumen.	Equipos para instalación de expansión.
Cálculos Eléctricos.	Manuales de equipos	

4.2.4. Fichas técnicas.

Las fichas técnicas son el conjunto de documentos que detallan las características o funciones de un determinado objeto, producto o proceso. Transmiten los datos más relevantes específicos de cada equipo a instalar. Incluyen:

Tabla 4 Fichas Técnicas

Nombre comercial	Características técnicas.	Nombre científico
Especificaciones de fabricante.	Imágenes del producto.	País de origen.
Composición.	Características físicas y químicas.	Densidad.
Presentación.	Variedades	Usos.
Empaque.	Embalaje.	Unidades por caja.
Fecha de creación del documento.	Fecha de la última revisión del documento.	Datos de contacto de la empresa
Referencia del producto.		

4.2.5. Definición de distribución de cargas.

En la distribución de cargas se contemplan los grupos de especialidad o, actividad a desarrollar con respecto al proceso que se tiene que efectuar en el progreso de la productividad y manufactura, es necesario tomar en cuenta que son diversas áreas las que independientemente funcionan de acuerdo con la cadena de desenvolvimiento de la nave, las cuales requieren de lo siguiente:

Tabla 5 Definición de distribución de Cargas

En las áreas de fuerza mayor como chillers, compresores, sistemas contra incendio, bombas para agua potable, instalaciones hidrosanitarias, son consideradas como áreas de uso común.	En las áreas de Clean Room, Iso 6, Iso 7 son consideradas como áreas de producción las cuales requieren forzosamente respaldo de energía eléctrica.	Manejadoras de aire.
Circuito Cerrado de Televisión (CCTV)	Climas	Áreas comunes.
Cuarto de maquinas	Cuarto de compresores	Detrash
Entrance	Final Test Calibration	Final Proof Calibration
Exterior	SMT	ISO 6
Oficinas ejecutivas	Preclean ISO 7	Ware house

4.2.6. Definición de circuitos.

Este proceso consiste en determinar la trayectoria de o los circuitos. La importancia depende efectivamente de la carga a conectar, así como la distancia, el medio por donde será el recorrido y posteriormente el punto final de servicio. Es necesario precisar los siguientes puntos:

Selección de conductores para alimentación de circuitos.

Sin esta selección o calculo el conductor no podría contener o transmitir la cantidad necesaria de amperes en su longitud (Diario Oficial de la Federación, n.d.).

Selección de interruptores termomagnéticos.

Es de vital importancia, debido a que son los elementos de protección térmica y electromagnética sin ellos, la vida del conductor está en riesgo. Una mala selección de un interruptor puede ocasionar un incendio de magnitudes catastróficas.

Cálculo de canalizaciones de circuitos derivados.

Sin este cálculo, los factores de agrupamiento pueden rebasar los factores de temperatura permitidos de acuerdo con la tabla que indica los factores de agrupamiento y temperatura en la NOM – 001 SEDE 2012. De no cumplirse, los campos electromagnéticos generados en el interior de las canalizaciones pueden ser tan elevados con respecto a la temperatura, provocando daños en los aislamientos y pérdida de vida útil en el aislamiento de los conductores instalados (Diario Oficial de la Federación, n.d.).

4.2.7.- Selección de tableros de distribución.

Este proceso es con respecto a la elección de paneles grandes ó sencillos, estructuras o conjunto de paneles, donde se montan, por el frente o por la parte posterior o ambos lados: donde se alojan desconectadores, dispositivos de protección contra sobre corriente y otras protecciones, barras conductoras de conexión común y usualmente instrumentos. Los Tableros de distribución son

accesibles generalmente por la parte frontal y la posterior, y no están destinados para ser instalados dentro de gabinetes (Schneider Electric, 2024).

4.2.8. Selección de tableros de distribución I line.

Los tableros de distribución tipo panel I Line son utilizados para la distribución o sub-distribución de energía eléctrica en instalaciones industriales o comerciales en rangos desde 100 hasta 1200 A. Están preparados para instalar equipo de medición digital, los cuales realizan mediciones efectivas de los parámetros eléctricos, lo que le permitirá ahorrar energía y observar la confiabilidad del sistema eléctrico (Schneider Electric, 2024).

4.2.9. Selección de interruptores termomagnéticos de distribución i line.

Todas las instalaciones y equipos empleados en la industria, comercio y residencial están diseñados como un medio de protección de sobre corriente, sobrecarga y cortocircuito, que se utilizan en todo circuito eléctrico; y además cumplen la función como un medio de desconexión óptimo para dar mantenimiento a maquinaria o algún dispositivo sin interrumpir la continuidad del proceso. La utilización de los interruptores se adopta como un sistema en cascada para la protección total de nuestro sistema eléctrico y proveer una óptima operación de protección (Schneider Electric, 2024).

La aplicación se extiende, a una gama amplia de establecimientos, procesos y construcciones, como, hospitales, oficinas, salas de cómputo, plantas de tratamiento de agua, telecomunicaciones, centros de investigación, industria de procesos, manufactura, aplicaciones de protecciones especiales y pueden ser utilizados como integración de dos sistemas de energía. Estos interruptores se instalan con facilidad, ya sea que se instalen en tablero I-Line o en tableros con zapatas, su versatilidad es una de sus principales ventajas, así mismo ofrecen un alto nivel de coordinación selectiva con otros interruptores de la misma marca, pero de otra línea de protecciones.

En conclusión, la parte medular de una instalación eléctrica está basada en la correcta selección de los dispositivos de protección, estos son determinados por cálculos previos, por las características de demanda de las cargas, la forma y el ciclo de operación.

4.2.10. Cálculo de transformadores secos para alimentación de tablero de distribución tipo I line.

Los transformadores secos de propósitos generales son empleados en la industria y comercio para principalmente alimentar cargas como alumbrado y contactos, motores y sistemas de aire acondicionado, se emplean para bajar los niveles de voltaje en las áreas y en algunas ocasiones específicas son empleados para elevar los voltajes, esto se logra ya que estos equipos tienen la capacidad de ajustar los voltajes de acuerdo a las necesidades del cliente, sus más grandes contribuciones en la industria eléctrica es el mínimo mantenimiento que requieren, y los espacios pequeños que ocupan (León Hernández & Estrada Cruz, 2022).

En la norma oficial mexicana NOM-001-SEDE-2012 Instalaciones eléctricas (utilización), se nos dan las pautas para la selección de cada uno de estos equipos. Así mismo la construcción de estos equipos está regulada por la norma NMX-J-351-ANCE-2016, esto con el fin de que sean contruidos con la mayor eficiencia posible siendo esta de 95%, sin embargo, la eficiencia que tienen estos equipos es de 97.4% estando por arriba con lo requerido en la norma (SENER, 2019)

4.2.11. Selección de tableros de distribución de potencia QED2

El arreglo del sistema de distribución depende de las necesidades en el suministro de energía a cada instalación y puede variar con base en las necesidades del proceso que solicite el cliente final. Los tableros de distribución QED2 han sido diseñados para la distribución y su distribución en edificios industriales, comerciales e infraestructura como, acereras, automotriz, manufactura, entre otros. Estos tableros presentan características especiales que deben cumplir, tales como ser del tipo auto soportados, de lámina de acero rolada en frio, tratamiento desengrasante y acabado con pintura electrostática de color ANSI 61. Todos los equipos empleados para la distribución de fuerza deberán ser diseñados, contruidos y probados de

acuerdo con las hojas de datos de los equipos. Para este proyecto se seleccionaron equipos de uso interior con índice de protección tipo NEMA 1.

La capacidad nominal de las barras de distribución han de ser seleccionadas de acuerdo con la sumatoria de las cargas instaladas en el sistema. El tablero debe estar diseñado y fabricado para cumplir con NMX-J-118-2. Una de las ventajas representativas de estos tableros es la flexibilidad para ampliar su infraestructura, sin comprometer el rendimiento o la versatilidad. Alta calidad en su construcción, eficiencia para alojar un amplio ramo de interruptores y una instalación rápida en sus barras de ensamble (Schneider Electric, 2024).

4.2.12. Selección de interruptores principales.

Su función principal consiste por lo general en ser el primer tablero de protección en el lado de baja tensión, su particularidad es ubicarlo en la subestación después de la acometida o transformador de baja tensión.

4.2.13. Selección de transformadores de potencia de media a baja tensión.

En esta etapa se tiene el total de la carga instalada, esto depende de los diferentes equipos que están interconectados al sistema que tenemos con respecto a los diferentes requerimientos de los equipos a instalar e interconectar al sistema eléctrico de la planta.

Es de común particularidad seleccionar equipos con una sana utilidad, esto con respecto a la carga instalada para controlar por cada equipo. En este diseño se hizo la selección de transformadores de 2000 kVA

A manera de resumen, en la Tabla 5. (definición de distribución de Cargas) se presentan todas las actividades identificadas para la construcción electromecánica. Así mismo, a partir de la entrevista realizada con los expertos de los procesos de manufactura de la empresa PHOTONS RAY y con la experiencia en el ramo de construcción electromecánica de Energy Electric, se elaboró un diagrama de relaciones el cual indica las precedencias que se deben cumplir para llevar a cabo la culminación de la instalación del proyecto. Lo anterior se muestra en la Tabla 6. se presentan las relaciones entre actividades que se definieron por los expertos.

Tabla 6 Actividades para la construcción electromecánica de la nave “High Volumen”

ACTIVIDAD	NOMBRE	ACTIVIDAD	NOMBRE
1	Inicio / Memoria de cálculo.	7	Selección de tableros de distribución de energía
2	Recepción de planos	8	Selección de tableros de distribución I-Line
3	Información escrita	9	Selección de interruptores termomagnéticos de potencia 480 Volts
4	Fichas técnicas	10	Cálculos de transformadores secos para alimentación de I-Lines
5	Definición de distribución de cargas	11	Selección de tableros de distribución de potencia QED2
6	Definición de Circuitos	12	Selección de interruptores principales Principal Main
6.1	Selección de cable para alimentación de circuitos	13	Selección de transformadores de potencia de media a baja tensión
6.2	Selección de Interruptores termo magnéticos	14	Selección de celda desconector en media tensión
6.3	Cálculo de canalizaciones para circuitos derivadores	15	Cálculo de corto circuito y coordinación de protecciones

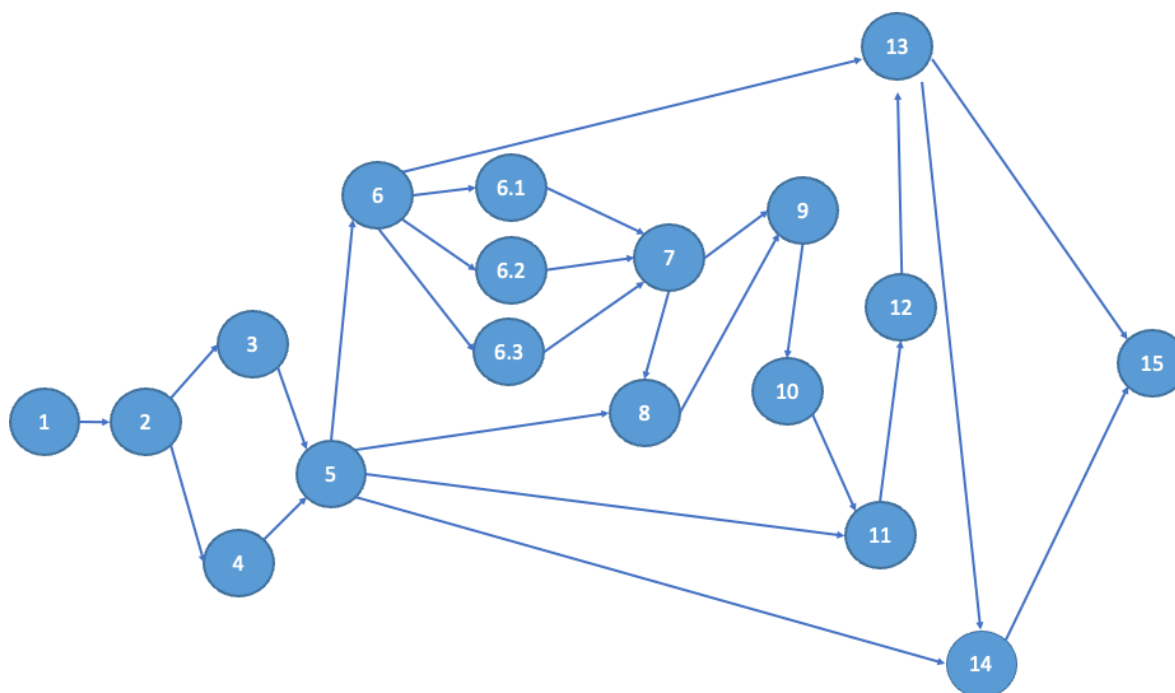


FIGURA 6 Diagrama de relaciones de precedencia

4.2.14. Selección de celda o desconectador en media tensión.

En el diseño de las instalaciones eléctricas en media tensión se adoptaron medidas para minimizar, en el exterior de las instalaciones, los campos magnéticos creados por la circulación de corriente de 60Hz en los diferentes elementos de la instalación. En el caso particular se tuvo especial cuidado debido a que dicha instalación está ubicada en el interior del edificio.

Por lo anterior, se eligió una celda SM6 la cual es interconectable, está equipada con tecnología de corte en SF6 o vacío y de acuerdo con el fabricante su vida útil es de 30 años. Este equipamiento permite incluir todos los requerimientos de una subestación de Media Tensión hasta 36 kV utilizando diversas secciones/funciones.

La gama de celdas está constituida por celdas con 1, 2, 3, 4 e incluso 5 funciones. Por otra parte, en función de que las celdas puedan ser ampliables (a futuro).

- Celdas Extensibles: no permiten la ampliación del esquema
- Celdas no extensibles: permiten la ampliación del esquema mediante unos módulos de ampliación con una función única (normalmente se piensa en ampliar a futuro con una función de línea).
- Compacidad: la reducción de dimensiones, al estar toda la aparamenta aislada en SF6 (mucho mejor rigidez dieléctrica que al aire o el aceite).
- Seguridad: en caso de un defecto interno, los gases son canalizados por la parte posterior e inferior de la celda de tal manera que, si hubiese un operario delante de la misma, éste no recibiría proyección de material ni sufriría quemaduras (ensayo de arco interno).
- Insensibilidad frente al entorno: no se ven afectadas por condiciones adversas del entorno: polución, salinidad e incluso inundación. Por ende, la conexión de cables se realiza con conectores enchufables (Schneider Electric, 2024).

4.2.15. Cálculo de corto circuito y coordinación de protecciones.

Todos los sistemas eléctricos sin importar su diseño ocasionalmente experimentan un corto circuito resultando en corrientes anormalmente altas esto en condiciones de fallas. La norma oficial mexicana NOM-001-SEDE-2012, nos exige que los componentes del sistema eléctrico deben soportar, sin daño, cualquier corriente que pueda circular por ellos.

Realizar el estudio de corto circuito permite determinar los valores de las corrientes de falla por corto circuito trifásico y de fase a tierra en los buses principales del sistema eléctrico en estudio, con el objeto de seleccionar los dispositivos de interrupción, verificar la capacidad de los componentes del sistema para soportar los esfuerzos térmicos y mecánicos originados por dichas fallas y para realizar el estudio de arco eléctrico.

Protecciones de sobre corriente como interruptores y fusibles deben ser capaces de despejar una falla de una manera segura con el mínimo daño a circuitos y equipos; así como otros componentes (cables, bus-ductos, equipos de desconexión) deben de ser capaces de soportar el esfuerzo mecánico y térmico que resultan durante un corto circuito.

El estudio de corto circuito es para evaluar las magnitudes de corriente en condiciones de falla en un sistema eléctrico, al realizar este estudio nos permite conocer los valores de corriente ante la falla de aislamientos en los puntos o buses de interés sus valores se dan en Corriente (Amperes) y/o en Potencia (MVA).

Con los resultados se verifico:

- Capacidad Interruptiva de los equipos de desconexión,
- Límites o selectividad de la Coordinación de Protecciones,
- Esfuerzos Dinámicos o Térmicos,
- Cálculos de Redes de Tierra.
- Estudios de Intensidad de Arco Eléctrico, etc.

La corriente de corto circuito en cualquier punto del sistema es limitada por la impedancia que ofrecen los conductores y transformadores que se encuentren en el sistema eléctrico (Diario Oficial de la Federación, n.d.).

En los sistemas industriales, la falla trifásica y la monofásica frecuentemente son las únicas consideradas debido a que la falla trifásica es la de mayor magnitud de corriente y la monofásica o falla a tierra es la más común (Energy Electric, 2023).

4.2. DEFINICIÓN DE TIEMPOS DE LAS ACTIVIDADES DE CONSTRUCCION DEL PROYECTO ELECTROMÉCANICO.

A partir de las entrevistas donde se dieron a conocer el número de actividades, se aprovechó también para determinar los tiempos aproximados que se requieren para cada actividad. Se les solicito a los 7 expertos que dieran un tiempo estimado optimista, pesimista y regular de la

realización de cada una de las actividades. Los promedios redondeados en días se presentan en la Tabla. 7

Tabla. 7 Tiempos para la realización de las actividades de construcción electromecánica.

Actividad	Nombre	Tiempo optimista	Tiempo más probable	Tiempo pesimista
1	Inicio			
2	Recepción de planos	1	2	3
3	Información escrita	2	4	6
4	Fichas técnicas	0.5	1	2
5	Definición de distribución de cargas	16	24	32
6	Definición de Circuitos	16	24	32
6.1	Selección de cable para alimentación de circuitos	4	6	10
6.2	Selección de Interruptores termo magnéticos	2	4	6
6.3	Cálculo de canalizaciones para circuitos derivadores	16	24	36
7	Selección de tableros de distribución de energía	2	3	4
8	Selección de tableros de distribución I-Line	1	2	3
9	Selección de interruptores termomagnéticos de potencia 480 Volts	2	3	5
10	Cálculos de transformadores secos para alimentación de I-Lines	2	4	6
11	Selección de tableros de distribución de potencia QED2	3	5	7
12	Selección de interruptores principales (Principal Main)	2	4	6
13	Selección de transformadores de potencia de media a baja tensión	1	2	3
14	Selección de celda desconectador en media tensión	1	2	3
15	Cálculo de corto circuito y coordinación de protecciones	3	5	7

Cabe destacar que esta información junto con las relaciones de precedencia de las actividades será utilizada para determinar la ruta crítica que sigue el proyecto, así como el tiempo de conclusión del proyecto y su probabilidad de que este se cumpla, las actividades que forman

parte de la ruta crítica se les debe prestar mayor ya que en caso de que alguna de ellas no se concluya en el tiempo indicado, el proyecto puede sufrir un retraso y, por ende, una penalización para la empresa. Toda esta información se presenta en el capítulo siguiente.

4.3. SIMULACION DE DISTRIBUCIÓN DE CARGAS.

Como se mencionó en el planteamiento del problema, la distribución de cargas es la parte medular de la construcción electromecánica del proyecto High Volumen de la marca Photons Ray. Sin esta información, la solicitud de energía al SEN (sistema eléctrico nacional) puede ser equivocada. Por lo tanto, en los archivos que corresponden a los “utilities” se menciona el número de equipos a instalar, el voltaje de operatividad, el consumo en watts y algunos mencionan su tiempo de trabajo o de operatividad. La energización de cada uno de los equipos es conforme al avance de las etapas del proyecto. Por lo tanto, la carga inicial de los equipos instalados no es en su totalidad. Sin embargo, para ello es necesario simular el o los posibles comportamientos del sembrado de cada equipo que conlleva ser parte del procedimiento de producción. A su vez los tiempos de trabajo dictan el factor de utilización para realizar los escenarios de simulación de la operatividad en su totalidad.

4.3.1 Obtención del listado de equipamiento.

En este punto se tuvieron reuniones con personal involucrado en los procesos de manufactura y producción quienes compartieron el listado de equipamiento a instalar, así como los datos de:

Tabla 8 Datos para listado de equipamiento

Numero de estación o equipamiento	Cantidad	Voltaje de operación
Numero de fases	Factor de potencia	Amperaje

A partir de esta información se obtiene la cantidad total de potencia en kW para solicitarla al Sistema Eléctrico Nacional. Con lo anterior se realiza el oficio de factibilidad de energía ante la

CFE para el suministro y condiciones de contrato de esta. Cabe mencionar que la totalidad del consumo de energía se lograra una vez concluido el proyecto. Las cargas iniciales son parciales con respecto al avance de la construcción del ambiente del Clean Room.

Los factores de utilización de cada uno de los equipos, indica el tiempo de utilización o trabajo realizado durante la jornada. Debido a la incertidumbre del tiempo de funcionamiento de cada uno de los equipos, y de que no se tienen antecedentes de sistemas o plantas similares de trabajo, se propone el uso de la distribución triangular para simular los factores. Estos porcentajes de tiempos fueron proporcionados por los administradores de producción o manufactura, compartiendo información estimada de los tiempos que conlleva sus procesos de producción. Cabe recordar que el factor de utilización es un detonante para la solicitud de energía ante la CFE, sin ella, no tendríamos un estimado de carga conectada, con respecto a la carga contratada. Por ejemplo, la FIGURA 7 muestra la zona SMT la cual consiste en 11 equipos y se encuentra instalada como prioridad F y E que indica mayor prioridad de la cadena de producción de los equipos.

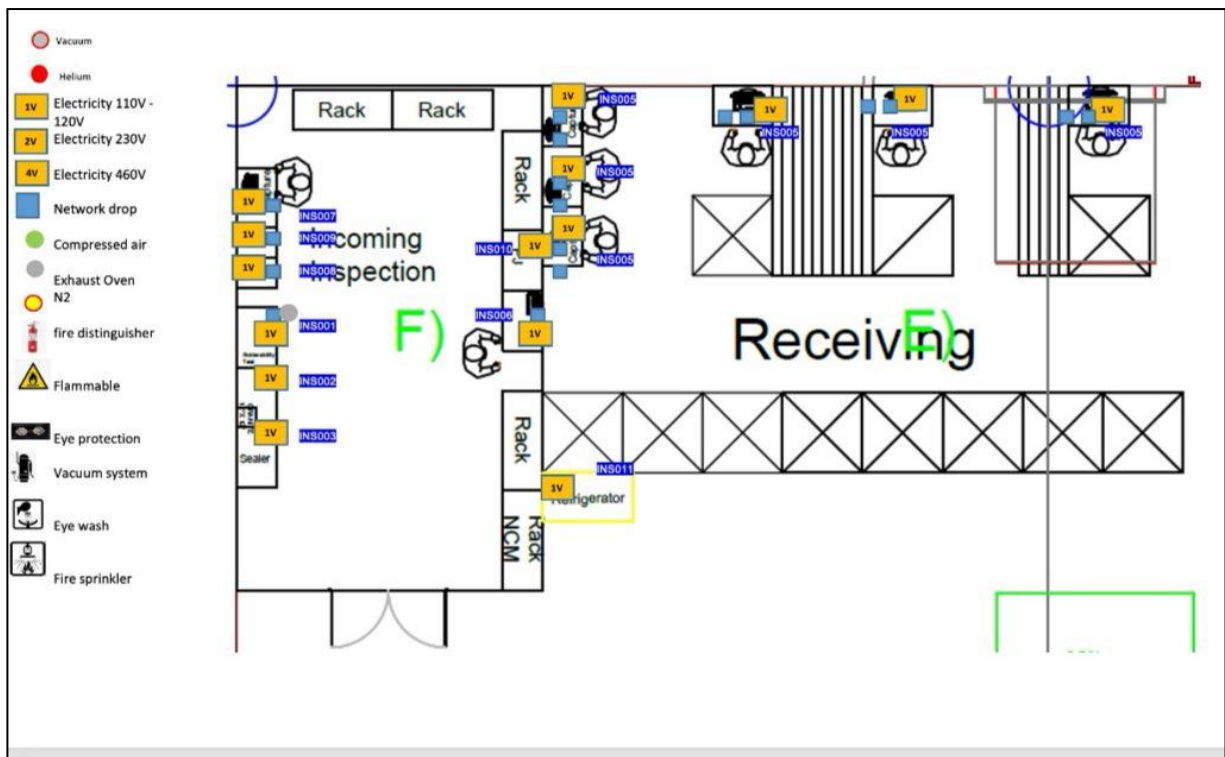


FIGURA 7 Incoming inspection

La Tabla 9, presenta los equipos correspondientes a la zona Incoming SMT, que se divide en las subzonas Incoming inspection y Receiving. La demanda de carga total de esta área considerando el 100% de la utilización correspondería a 14.4445 kW, para los implementadores de la instalación de los equipos consideraron para esta área deterministamente un factor de utilización de 55%, este valor considera una carga para el área de 7.9445 kW.

Tabla 9 Datos Incoming – SMT.

ZONE	EQUIPMENT /STATION	EQ	FASES	F.P.	AMP	KW	KW TOTAL	F.U.	KW CORREG
Incoming SMT	Vacuum sealer	5	1	0.90	10.00	1.1430	5.7150	0.55	2.7400
Incoming SMT	Solder POT	1	1	0.90	10.00	1.1430	1.1430	0.55	0.6977
Incoming SMT	Microscope	1	1	0.90	10.00	1.1430	1.1430	00.55	0.5437
Incoming SMT	Granite table	1	1	0.90	10.00	1.1430	1.1430	0.55	0.8533
Incoming SMT	PJ 2D Visión	1	1	0.90	10.00	1.1430	1.1430	0.55	0.6951
Incoming SMT	Incoming Work Stations	1	1	0.90	3.50	0.4000	0.4000	0.55	0.3184
Incoming SMT	Incoming Work Stations	1	1	0.90	3.50	0.4000	0.4000	0.55	0.3351
Incoming SMT	Printer	1	1	0.90	2.19	0.2500	0.2500	0.55	0.1746
Incoming SMT	Zebra	1	1	0.90	2.19	0.2500	0.2500	0.55	0.2068
Incoming SMT	LCR	1	1	0.90	4.00	0.4572	0.4572	0.55	0.2438
Incoming SMT	Receiving Work Stations	6	1	0.90	3.50	0.4000	2.4002	0.55	1.4560
						Total	14.4445	Total	7.9445

Se les solicitó a los mismos implementadores 3 posibles porcentajes de utilización de manera independiente para cada equipo. Debido a que los equipos corresponden a la misma zona, indicaron que los porcentajes serían los mismo para los equipos, indicando valores de menor utilización del 40%, mayor utilización del 90% y utilización promedio del 70%.

Hay que recordar que el generador de la distribución triangular es la siguiente:

$$T_i = \begin{cases} a + \sqrt{(b-a)(c-a)r_i} & \text{si } r_i \leq \frac{c-a}{b-a} \\ b - \sqrt{(b-a)(b-c)(1-r_i)} & \text{si } r_i > \frac{c-a}{b-a} \end{cases}$$

Ecuación 2

Donde:

a= Límite inferior de la distribución triangular;

b= Moda de la distribución triangular;

c= Límite superior de la distribución triangular;

Tomando los valores indicados se calculó un factor de utilización para el primer equipo (Vacum Sealer) como se muestra a continuación:

$$T_i = \begin{cases} 0.40 + \sqrt{(0.90 - 0.40)(0.70 - 0.40)r_i} & \text{si } r_i \leq \frac{0.70 - 0.40}{0.90 - 0.40} \\ 0.90 - \sqrt{(0.90 - 0.40)(0.90 - 0.70)(1 - r_i)} & \text{si } r_i > \frac{0.70 - 0.40}{0.90 - 0.40} \end{cases}$$

Ecuación 3

Considerando un $r_i = 0.391$, se tendría un factor de utilización de 0.6422, por otra parte, si el $r_i = 0.784$, el factor de utilización es de 0.7530.

Este procedimiento se realiza de manera automática utilizando una hoja de cálculo para cada equipo a instalarse. Como muestra, se toman los equipos instalados en Incoming SMT mencionados en la Tabla 9. En la Tabla 10 se presenta ya el Factor de Utilización simulado y los kW corregidos. Como se puede apreciar, el valor de la suma para los kW corregidos en esta zona de trabajo es de 9.8756 kW, presentando un incremento del 24.30% contra el propuesto originalmente. Este valor resulta más realista con respecto a los datos de los implementadores, si se considera que esta es una pequeña muestra o sección del total del proyecto, se corre el riesgo de subestimar la carga total y por ende datos erróneos para la solicitud de energía.

Tabla 10 Datos Incoming – SMT. Con Factor de Utilización Simulado.

ZONE	EQUIPA MENT /STATIO N	EQ	FA SE S	F.P.	AMP	KW	KW TOTA L	F.U.	KW CORREG
Incoming SMT	Vacuum sealer	5	1	0.90	10.00	1.1430	5.7150	0.6249	3.5711
Incoming SMT	Solder POT	1	1	0.90	10.00	1.1430	1.1430	0.6171	0.7053
Incoming SMT	Microscope	1	1	0.90	10.00	1.1430	1.1430	0.8105	0.9264
Incoming SMT	Granite table	1	1	0.90	10.00	1.1430	1.1430	0.8157	0.9323
Incoming SMT	PJ 2D Visión	1	1	0.90	10.00	1.1430	1.1430	0.7405	0.8464
Incoming SMT	Incoming Work Stations	1	1	0.90	3.50	0.4000	0.4000	0.5241	0.2097
Incoming SMT	Incoming Work Stations	1	1	0.90	3.50	0.4000	0.4000	0.5719	0.2288
Incoming SMT	Printer	1	1	0.90	2.19	0.2500	0.2500	0.5961	0.1490
Incoming SMT	Zebra	1	1	0.90	2.19	0.2500	0.2500	0.6262	0.1565
Incoming SMT	LCR	1	1	0.90	4.00	0.4572	0.4572	0.7591	0.3470
Incoming SMT	Receiving Work Stations	6	1	0.90	3.50	0.4000	2.4002	0.7512	1.8030
						Total	14.4445	Total	9.8756

Para que la simulación tenga un impacto mayor lo conveniente es no solo realizar un solo experimento, se debe efectuar por lo menos 10 réplicas o corridas para tener una mejor aproximación al valor buscado. Efectuando 10 réplicas y a un nivel de confianza del 95% se obtiene la carga total siguiente:

Tabla 11 Réplicas para Calcular Factor de Utilización

No.	Replica		
1.0000	9.9518	Promedio =	9.3343
2.0000	9.4559	Desviación =	0.8212
3.0000	9.6976	t a/2, n-1 =	2.2622
4.0000	9.6988	Error =	0.5874
5.0000	8.0446	LI =	8.7468
6.0000	7.8146	LS =	9.9217
7.0000	9.1760		
8.0000	9.3365		
9.0000	10.4629		
10.0000	9.7039		

Como se puede observar la carga total considerando los porcentajes indicados por los implementadores de equipamiento oscila entre 8.7468 kW y 9.9217 kW, con un 95% de confianza, valores superiores al 7.9445 kW valor que subestima la carga operativa de los equipos.

Con este pequeño ejemplo correspondiente a solo once equipos se puede evidenciar el impacto en la asignación de las cargas que bien se puede sobre estimar o subestimar, de manera que, un esfuerzo adicional identificando diferentes factores de utilización para cada uno de los doscientos sesenta equipos dará como resultado una mayor confiabilidad en este proceso.

Esta actividad se realiza para el total de los equipos, con lo cual se determina la cantidad de energía para solicitar al SEN y a su vez se define la asignación de cargas a cada generador para cubrir la demanda de los equipos que no se pueden quedar sin energía, mientras el SEN no proporcione el suministro de energía adecuado para la total operatividad de la planta.

También, arrojo los datos para visualizar la disponibilidad de energía en los transformadores que ya se habían comprado y por lo tanto se tuvo que realizar una distribución de cargas en los equipos ya adquiridos.

CAPITULO 5 RESULTADOS.

5.1.- DETERMINACIÓN DE LA RUTA CRÍTICA.

El primer paso para obtener los tiempos de conclusión de la construcción del proyecto electromecánico consiste en determinar la ruta crítica del proyecto, para esto se toman los datos presentados en la TABLA. 7 (Tiempos para la realización de las actividades de construcción electromecánica), contiene los tiempos de procesos de actividades, así como la red de nodos. Debido a que el proyecto presenta quince actividades se hace uso del software POMQMv5 para determinar la ruta crítica.

En la FIGURA 8 se muestra la ruta crítica obtenida con el software POMQMv5 para el proyecto donde se puede observar que solo las actividades:

- 4.- Fichas técnicas,
- 6.1.- Selección de cable para alimentación de circuitos y
- 6.2.- Selección de interruptores termomagnéticos no forman parte de la ruta crítica.

No son de alta importancia en la ruta crítica presentada.

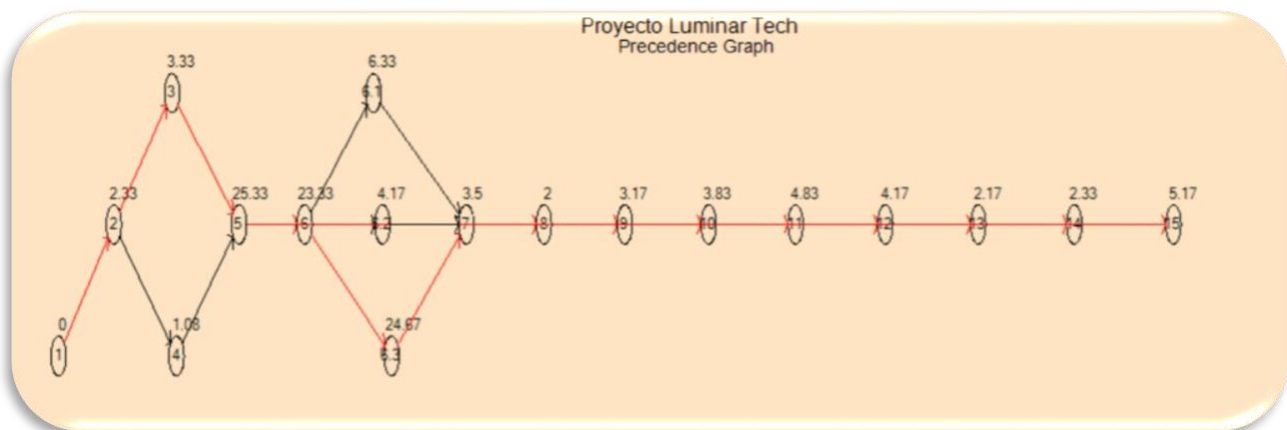


FIGURA 8 Muestra la información de la ruta crítica presentada originalmente

De acuerdo con los datos obtenidos en el Software POMQMv5, nos enfocamos en los puntos criticos (color rojo), en ellos, el enfoque del tiempo es vital para la conclusión del proyecto.

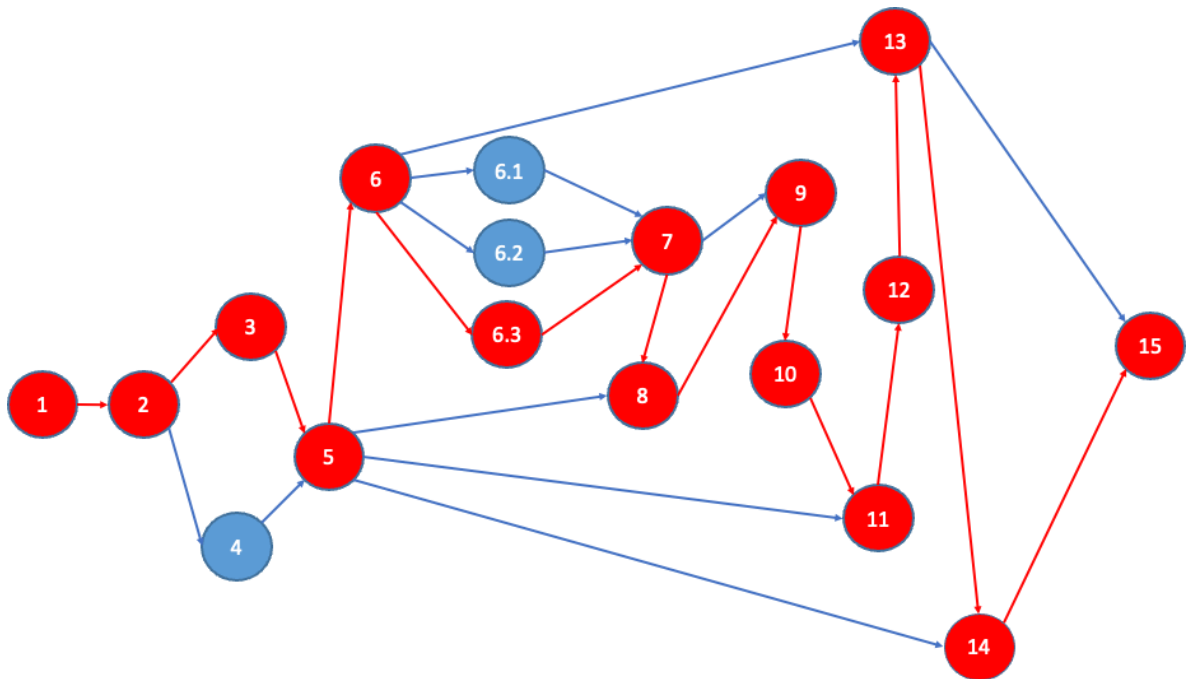


FIGURA 9 Ruta crítica de manera más clara en la figura presentada originalmente

5.2. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO ESPERADO Y VARIANZA PARA LAS ACTIVIDADES DEL PROYECTO.

Para determinar el tiempo promedio de conclusión del proyecto, se debe determinar los valores esperados y varianza para cada actividad utilizando las siguientes fórmulas.

$$t_e = \frac{a + 4m + b}{6}$$

$$s^2 = \left(\frac{b - a}{6} \right)^2$$

Ecuación 4

Donde:

a= tiempo optimista

b= tiempo pesimista

m= tiempo modal

En la Tabla 12 se presentan los resultados obtenidos para las actividades del proyecto:

Tabla 12 Resultados para las actividades del proyecto

No	Actividad	Tiempo Optimista (a)	Tiempo más probable (m)	Tiempo pesimista (b)	Predesor 1	Predesor 2	Predesor 3	Tiempo Esperado (te)	Varianza (s ²)
1	1	0	0	0				0	0
2	2	1	2	5	1			2.33333333	0.44444444
3	3	2	3	6	2			3.33333333	0.44444444
4	4	0.5	1	2	2			1.08333333	0.0625
5	5	16	24	40	3	4		25.33333333	16
6	6	12	24	32	5			23.33333333	11.11111111
7	6.1	4	6	10	6			6.33333333	1
8	6.2	2	4	7	6			4.16666667	0.69444444
9	6.3	16	24	36	6			24.66666667	11.11111111
10	7	2	3	7	6.1	6.2	6.3	3.5	0.69444444
11	8	1	2	3	5	7		2	0.11111111
12	9	2	3	5	7	8		3.16666667	0.25
13	10	1	4	6	9			3.83333333	0.69444444
14	11	2	5	7	5	10		4.83333333	0.69444444
15	12	2	4	7	11			4.16666667	0.69444444
16	13	1	2	4	6	12		2.16666667	0.25
17	14	1	2	5	5	13		2.33333333	0.44444444
18	15	3	5	8	13	14		5.16666667	0.69444444

Estos valores permitirán determinar a partir de la ruta crítica el tiempo esperado promedio de conclusión del proyecto.

5.3.- DETERMINACION DEL TIEMPO TOTAL DEL PROYECTO

Una vez que se tiene los tiempos esperados y varianza para cada actividad, se suman estos para todas aquellas actividades que se encuentran en la ruta crítica, hay que recordar que las actividades **4**, **6.1** y **6.2** no forman parte de esta. La suma dará como resultado los tiempos esperados y la varianza del proyecto.

$$T_E = \sum t_e \forall \text{ actividad en la ruta crítica}$$

$$\sigma^2 = \sum s^2 \forall \text{ actividad en la ruta crítica}$$

Ecuación 5

El tiempo de ejecución del proyecto considerando la ruta crítica, como se indica en la Tabla 12 da un total en promedio de 110.17 días con una varianza de 43.64.

Tabla 13 Determinación del tiempo total del proyecto

No	Actividad	Tiempo Optimista (a)	Tiempo más probable (m)	Tiempo pesimista (b)	Predecesor 1	Predecesor 2	Predecesor 3	Tiempo Esperado (te)	Varianza (s ²)
1	1	0	0	0				0	0
2	2	1	2	5	1			2.33333333	0.44444444
3	3	2	3	6	2			3.33333333	0.44444444
4	4	0.5	1	2	2			1.08333333	0.0625
5	5	16	24	40	3	4		25.33333333	16
6	6	12	24	32	5			23.33333333	11.11111111
7	6.1	4	6	10	6			6.33333333	1
8	6.2	2	4	7	6			4.16666667	0.69444444
9	6.3	16	24	36	6			24.66666667	11.11111111
10	7	2	3	7	6.1	6.2	6.3	3.5	0.69444444
11	8	1	2	3	5	7		2	0.11111111
12	9	2	3	5	7	8		3.16666667	0.25
13	10	1	4	6	9			3.83333333	0.69444444
14	11	2	5	7	5	10		4.83333333	0.69444444
15	12	2	4	7	11			4.16666667	0.69444444
16	13	1	2	4	6	12		2.16666667	0.25
17	14	1	2	5	5	13		2.33333333	0.44444444
18	15	3	5	8	13	14		5.16666667	0.69444444

								TE=	s²=
								110.166667	43.64

Si se recuerda lo comentado en la problemática, donde el tiempo que se disponía inicialmente para la conclusión del proyecto, eran 62 días, considerando el inicio del proyecto en la fecha 20 de septiembre del 2022, y fecha de conclusión el lunes 21 de noviembre del mismo año, los datos obtenidos en la Tabla 13 donde el tiempo promedio es de 110.167 días, no hay forma de concluir el proyecto en el tiempo pactado.

5.4. DETERMINACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE CONCLUSIÓN DEL PROYECTO

Un paso importante en la aplicación del PERT es determinar la probabilidad de la conclusión del proyecto. Para este fin, se determina el valor Z con el cual se busca la probabilidad de conclusión del proyecto. Considerando los 62 días pactados originalmente la probabilidad que se tiene de conclusión sería:

$$Z = \frac{T - T_E}{\sigma}$$

Ecuación 6

Donde:

T = Tiempo de conclusión pactada para el proyecto.

T_E = Suma (actividades de la ruta crítica).

σ = Desviación estándar.

Calculando el valor de probabilidad se tiene:

$$Z = \frac{62 - 110.1667}{6.61} = -7.2914$$

$$P(Z < -7.2914) = 1.534 \times 10^{-13}$$

Ecuación 7

Este valor se puede considerar casi cero, lo que indica una probabilidad nula de conclusión del proyecto en la fecha pactada originalmente. A partir de la información planteada, se solicita una nueva fecha de conclusión. esta se indica al 7 de enero del 2023, teniéndose ahora un total de 109 días para la conclusión del proyecto. Con estos nuevos datos y aplicando el procedimiento anterior, la probabilidad de conclusión del proyecto es de 0.43, que es mucho mayor que el primer valor que se tenía originalmente, pero que no deja de ser poco y con un elevado riesgo de no terminar el proyecto por diversos retrasos que pueden tenerse en las actividades.

$$Z = \frac{109 - 110.1667}{6.61} = -0.1766$$

$$P(Z < -0.1766) = 0.4299$$

Ecuación 8

Continuando con la negociación para la conclusión del proyecto, se propone como fecha final de entrega al 7 de febrero, con esta fecha se tienen un total de 140 días para concluir el proyecto. En esta nueva fecha da la posibilidad de conclusión del proyecto es de casi el 1 como se muestra a continuación:

$$Z = \frac{140 - 110.1667}{6.61} = 4.5161$$

$$P(Z < 4.5161) = 0.9999$$

Ecuación 9

De esta manera la fecha queda pactada para la entrega al 7 de febrero del 2023. Fecha que, de acuerdo con la metodología planteada, se tenía certeza de concluir el proyecto.

5.5. SIMULACIÓN DE LOS FACTORES DE UTILIZACIÓN.

Con la nueva fecha pactada y establecida, el problema que se presentaba ahora es conocer los factores de utilización para los diversos sistemas y equipos, ya que este punto de no tenerse resuelto el proyecto podría atrasarse además que dentro de las actividades que la empresa se obliga con el cliente es garantizar la eficiencia, calidad, confiabilidad y seguridad de la energía eléctrica para operar los equipos, esto implica que si la energía requerida no es de buena calidad, se deberá buscar la forma de suministrar energía a partir de otras fuentes de generación para poder cumplir con el objetivo del proyecto.

Como se mencionó en el apartado **3.4.2. Determinación de los factores de utilización**, el factor de utilización representa el tiempo de un equipo o sistema en lapsos de 24 horas. La importancia de este factor para el avance en la realización del proyecto es saber si la capacidad de suministro de energía inicial podrá satisfacer la necesidad de energía para garantizar el arranque y producción de la planta.

Como se comentó en el capítulo anterior, para simular el factor de utilización de la mayoría de los procesos se utilizó una distribución triangular. Utilizando este generador y a partir de los datos obtenidos de los especialistas en el acomodo e implantación del equipamiento para la operatividad de la planta, se logra obtener un resultado para la demanda de carga con el factor de utilización simulado para la fecha del 21 de noviembre del 2022, que oscila alrededor de 3,450 kW. Los valores de una corrida del factor de utilización, así como los kW corregidos se encuentran en el Anexo 1.

Para determinar un valor más preciso de la carga total se efectúa diez réplicas del total de los factores de utilización. Los resultados que se obtienen son los siguientes:

Tabla 14 Determinación del tiempo total del proyecto

A partir de estos valores se calcula su promedio y desviación estándar para crear un intervalo del 95% de confianza. Los resultados son:

$$\bar{x} = 3490.1917$$

$$s = 50.5874$$

Considerando la $n=10$, y a partir de la fórmula del intervalo de confianza para la muestra con un nivel de confianza del 95%, se tiene:

Replica	KW Corregido
1	3550.63
2	3454.88
3	3525.90
4	3539.28
5	3396.72
6	3504.65
7	3487.22
8	3422.68
9	3501.28
10	3518.69

$$I.C.\mu = \bar{x} \pm t_{\frac{\alpha}{2}, n-1} \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$I.C.\mu = 3490.1917 \pm (2.2622) \frac{50.5874}{\sqrt{10}}$$

$$I.C.\mu = 3490.1917 \pm 36.1881$$

$$(3454.0037 \leq \mu \leq 3490)$$

Ecuación 10

De los valores obtenidos en la ecuación 10 donde se observa un error de 36.1881 kW, y considerando que se desea una precisión de 15 kW, se desarrolla el procedimiento para determinar el número de corridas que garantice la precisión solicitada a un 95% de confianza. Determinando el valor de n^* :

$$n^* = \left(\frac{Z * s}{e} \right)^2$$

$$n^* = \left(\frac{1.96 * 50.5874}{15} \right)^2 = 43.6932 \approx 44$$

Ecuación 11

Observando el resultado anterior indica que se requieren 44 réplicas para garantizar la precisión de 15 kW con un nivel de confianza del 95%. Los resultados se presentan a continuación:

$$\bar{x} = 3473.3123$$

$$s = 43.0304$$

Considerando $n = n^*$, y recalculando el valor n^* se tiene

$$n^* = \left(\frac{1.96 * 43.0304}{44} \right)^2 = 3.6742 \approx 4$$

Ecuación 12

Debido a que $n \geq n^*$, se tiene el número de replicas convenientes para garantizar la precisión y confianza establecidos. Realizando las 44 réplicas se tiene que:

Tabla 15 Tabla de réplicas

Replica	KW Corregido
1	3445.18
2	3439.08
3	3534.80
4	3444.54
5	3479.21
6	3387.87
7	3478.90
8	3494.74
9	3526.89
10	3560.68
11	3424.1488
12	3393.3980
13	3538.0120
14	3473.2908
15	3449.2299
16	3538.9391
17	3399.9717
18	3419.9354
19	3531.3796
20	3466.4813
21	3439.1651
22	3454.2538
23	3455.5907
24	3520.4220
25	3464.7186
26	3505.9946

27	3497.5260
28	3470.8429
29	3515.4316
30	3534.5692
31	3430.0714
32	3461.0203
33	3452.6219
34	3473.5996
35	3488.3609
36	3423.1446
37	3505.6845
38	3477.6887
39	3419.7333
40	3452.2123
41	3501.7305
42	3443.0409
43	3490.6526
44	3520.9942

$$\bar{x} = 3473.3123$$

$$s = 43.0304$$

Considerando la $n=44$, y a partir de la fórmula del intervalo de confianza para la muestra con un nivel de confianza del 95%, se tiene:

$$I.C.\mu = \bar{x} \pm t_{\frac{\alpha}{2}, n-1} \frac{s}{\sqrt{n}}$$

$$I.C.\mu = 3473.3123 \pm (2.0195) \frac{43.0304}{\sqrt{44}}$$

$$I.C.\mu = 3473.3123 \pm 13.4092$$

$$(3459.9031 \leq \mu \leq 3486.7215)$$

Ecuación 13

6. CONCLUSIONES

6.1. VIABILIDAD TÉCNICA PERT Y CPM

La utilización de PERT y CPM permitió determinar tiempos para la ejecución del proceso constructivo electromecánico. Por lo cual se pudo negociar fechas compromisos para entrega de áreas de trabajo liberadas y funcionales, con elevadas probabilidades de conclusión del proyecto. Siguiendo y tomando en cuenta las actividades identificadas con respecto a las de mayor importancia.

Del censo realizado para el suministro o toma de energía (media tensión) existieron 4 posibles puntos de conexión uno ubicado a 12 km con disponibilidad de 3,000 kVA, otro de 14 km con disponibilidad de 4,500 kVA, otro a 22 km con disponibilidad de 5,000 kVA, y el ultimo a 29 km con disponibilidad de 6,000 kVA, debido a la simulación se concluyó que los valores que

se requieren oscilan entre 3,459.90 kVA y 3,486.72 kVA. Lo que permitió decidir que el punto más cercano se encontró a 14 km que fue el punto de conexión final para la transmisión energética. Lo anterior dio la pauta para dar inicio a la construcción del circuito de distribución de energía en media tensión, a su vez se tuvo claro que el tiempo para el desarrollo estaba fuera de los estipulados en el contrato.

Por lo tanto, las fechas de entrega de proyecto con respecto a la operatividad estuvo resuelto, lo que no se tuvo resuelto fue la conexión definitiva de energía por parte de CFE.

La determinación de los tiempos con respecto a PERT Y CPM diferenció la entrega de actividades con respecto al desarrollo interno de los servicios punta, las pruebas de los equipamientos instalados se realizaron exitosamente de acuerdo a los tiempos establecidos y las fechas pactadas mencionadas. Es importante mencionar que las pruebas eléctricas fueron desarrolladas a pesar de no existir contrato de energía definitivo, construcción fuera de tiempo de línea de distribución en media tensión para el suministro de energía definitivo. Lo anterior se logró a través de la renta de equipos generadores de energía, los cuales encarecieron los costos de operatividad.

El tema de las rentas de los generadores con respecto a la carga solicitada (por experiencia humana) los datos arrojan que sería un máximo de 11 equipos de generación de energía. Con el uso de la simulación, se concluyó que con 9 equipos de 590 kW de generación de energía eléctrica era suficiente para suplir el suministro energético mientras la conexión definitiva continuaba en construcción.

La inversión traducida en economía arrojó los siguientes resultados:

1. Consumo de Diesel = \$6,410,596.49
2. Renta de generadores = \$7,055,056.60
3. Costo total = \$13,465,653.09

En paralelo al resultado anterior, el proyecto se vio obligado a realizar 57 cambios de proyecto (hasta la fecha de corte), en ellos se vio la necesidad de generar energía a través de los equipos

mencionados. Sumando así, los gastos de operatividad y de instalaciones provisionales, definitivas y colocación de equipos para realizar pruebas de producción y tiempos de eficiencia; lo cual provocó el aumento tanto en mano de obra, material exclusivo para instalaciones eléctricas, tiempos para equilibrar el balance en los clean rooms, medición de partículas por millo, inspeccionar y asegurar condiciones de temperatura y humedad, etc.

Los gastos al final ascendieron a 4 millones de dólares, los cuales nunca estuvieron registrados en la determinación de la ruta crítica.

El punto número tres nos da la referencia con respecto al gasto no contemplado, lo anterior debido a la premura para realizar pruebas y puesta en marcha de ciertos equipos los cuales los robots automáticos que hacen parte de las líneas de ensamble.

A través del uso de PERT y CPM se detectó la fuga o inversión del capital, sin embargo por la inercia de construcción, el escenario de la realidad del proyecto se incrementó en un 159.76% en total.

PERT y CPM nos brindó la información casi exacta para los tiempos de conclusión de proyecto electromecánico con respecto al equipamiento instalado, la simulación con respecto a los factores de utilización fueron datos efectivos para dar certeza, esto nos dio la seguridad para solicitar un tiempo de prórroga acorde a las necesidades del cliente final. La contraparte de esta técnica fue la innumerable cantidad de errores humanos por falta de conocimiento, certeza o, incertidumbre; debido a que la planta que se construyó en la ciudad de Escobedo, N.L. es la primera o, la única a nivel mundial.

6.2. TIEMPO TOTAL DEL PROYECTO

La discrepancia significativa entre el plazo inicialmente establecido para la conclusión del proyecto, fijado en 62 días, y el tiempo promedio real obtenido de 110.167 días, destaca un claro desajuste entre las expectativas iniciales y la realidad operativa. Esta discrepancia subraya una sobrestimación inicial del plazo de ejecución del proyecto.

La sobrestimación inicial del plazo puede atribuirse a una subestimación de la complejidad y la magnitud del trabajo requerido, lo que llevó a una planificación poco realista. Este desajuste sugiere una falta de comprensión completa de los requisitos del proyecto o una evaluación insuficiente de los recursos necesarios para su ejecución.

Además, la incertidumbre en la planificación inicial del proyecto también puede haber contribuido a esta discrepancia. La falta de información detallada o la comprensión incompleta de los desafíos potenciales podría haber llevado a una estimación poco precisa del tiempo requerido para completar el proyecto.

En consecuencia, es esencial reconocer la importancia de una planificación precisa y exhaustiva al iniciar proyectos. Un análisis exhaustivo de los requisitos del proyecto y una evaluación realista de los recursos disponibles son fundamentales para establecer plazos realistas y alcanzables. Además, la gestión de la incertidumbre y la flexibilidad en la planificación son críticas para adaptarse a los cambios y ajustar los plazos cuando sea necesario durante la ejecución del proyecto.

En resumen, la discrepancia entre el plazo inicial y el tiempo promedio real subraya la importancia de una planificación rigurosa y una evaluación realista de los recursos y desafíos del proyecto para evitar sobrestimar los plazos y garantizar el éxito en su ejecución.

6.3. FACTORES DE UTILIZACIÓN

La variabilidad en la carga total, que oscila entre 8.7468 kW y 9.9217 kW con un 95% de confianza, resalta la importancia de una evaluación precisa de las necesidades energéticas de los equipos en un entorno operativo. La discrepancia entre estos valores y el valor estimado de 7.9445 kW subraya el riesgo de subestimar la carga operativa de los equipos, lo que podría resultar en una asignación inadecuada de energía y potencialmente afectar la operatividad de la planta.

El análisis detallado de los factores de utilización para cada uno de los doscientos sesenta equipos proporcionará una base sólida para una asignación más precisa de las cargas. Este esfuerzo adicional no solo mejorará la confiabilidad del proceso de asignación de cargas, sino que también garantizará una operación eficiente y sin interrupciones de la planta.

Además, la necesidad de determinar la cantidad de energía a solicitar al Sistema Eléctrico Nacional (SEN) y la asignación de cargas a cada generador se destaca como una tarea crítica. Esta asignación debe garantizar que todos los equipos operen adecuadamente mientras se espera el suministro de energía adecuado por parte del SEN.

La visualización de la disponibilidad de energía en los transformadores previamente adquiridos también subraya la importancia de una distribución efectiva de cargas en los equipos existentes. Esta distribución garantiza un uso eficiente de los recursos disponibles y minimiza cualquier impacto negativo en la operatividad de la planta debido a limitaciones de energía.

En conclusión, el análisis detallado de las cargas operativas y la asignación adecuada de energía son fundamentales para garantizar una operación eficiente y sin interrupciones de la planta. Esto requiere un enfoque exhaustivo en la evaluación de las necesidades energéticas de los equipos y una planificación cuidadosa de la distribución de cargas en todo el sistema.

6.4. SIMULACIÓN

Los valores obtenidos indican que los diseñadores se encuentran sobre estimando la carga total de consumo para realizar la contratación de energía. Esto quiere decir que, la solicitud de factibilidad de energía con CFE está por encima de los límites que se tienen en las redes del SEN para la disponibilidad de operatividad energética, a su vez correr la simulación evidencia el total de carga requerida la cual es menor a lo que inicialmente se esperaba con respecto a los factores de utilización otorgados por los implantadores o expertos de la utilización de la maquinaria.

A su vez, la simulación nos brindó los escenarios más certeros con respecto al comportamiento de cada uno de los equipos involucrados en las diversas áreas de producción, nos proporcionó el panorama de comportamiento lo más real posible; se confirmaron los resultados que se esperaban debido a los factores de utilización y la distribución triangular, la realización de las réplicas ayudo para la visualización y brindar la certidumbre la cual nos afirmó que, a través de esta herramienta de análisis fue muy útil, rápida, segura, económica y sin complicaciones de hacer pruebas de todos los circuitos que se energizaron.

En resumen, teniendo en cuenta que, la sobre estimación de los factores de utilización fueron valores verdaderamente sobre dimensionados, los cuales el nivel de certidumbre para la puesta en marcha final de la planta se encontró ascendentemente fuera de los niveles de energía que disponibles en el SEN.

Con lo anterior podemos afirmar que el uso de PERT, CPM y la Simulación Estocástica en proyectos de este rubro nos ofrece elevadas expectativas de certeza para descifrar las necesidades energéticas requeridas.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Billinton, R., & Li, W. (1994). *Reliability assessment of electric power systems using Monte Carlo methods* (Springer Science & Business Media, Ed.).
- Diario Oficial de la Federación. (n.d.). NOM 063. 2002. Retrieved May 27, 2024, from https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=736671&fecha=22/02/2002#gsc.tab=0
- Energy Electric. (2023). *Estudio de Corto Circuito*.
- Gebauer, H., Haldimann, M., & Jennings Saul, C. (2017). A typology for management innovations: Analyzing the actual state of art and conducting case study research. *European Journal of Innovation Management*, 20(4), 514–533.
- León Hernández, E., & Estrada Cruz, E. (2022). Diseño de transformador tipo seco de 225 KVA. *Revista de Ingeniería y Tecnologías Para El Desarrollo Sustentable*, 10, 19–25. http://reingtec.itsoeh.edu.mx/reingtec/docs/vol10_2022reingtec/19-25%20IEM.pdf
- Linde Valdivia, R. (2019). *Administración de proyectos con PERT y CPM*. Universidad de Jaén.
- Mathur, K., & Solow, D. (1996). *Investigación de operaciones el arte de la toma de decisiones*. Pearson Education.
- Poo Rubio, A. (2005). La gerencia de proyectos y la administración de proyectos. *Administración y tecnología para el diseño*. <http://hdl.handle.net/11191/269>
- Solili. (enero, 2024). *Reporte Industrial Solili 4T 2023: Demanda nacional del 2023 se contrajo 20% respecto al 2022*. [Solili | Noticias](#)
- Solili. (2024). *Monterrey al frente en renta de naves industriales durante el 4T 2023*. [Solili | Noticias](#)
- Schneider Electric. (2024). *Innovación en todos los niveles*. Mayo. <https://www.se.com/mx/es/>
- Schwarz Díaz, M. (2015). Breve historia de las herramientas de gestión. In *Antlová & Motejlek. Martineau*. https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/7100/Schwarz_Max_breve%20historia%20herramientas%20gestion.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- SENER. (2019). *NORMA Oficial Mexicana NOM-001-SEDE-2012 Instalaciones Eléctricas (utilización)* (SENER, Ed.).

- Sun Han, J. E. (2016). *Nueva versión de la Norma ISO 14644*.
<https://www.grupoccv.com/Documentos/Norma%20ISO%2014644%20partes%201%20y%202%20revisadas.pdf>
- Vásquez Avendaño, M. A., & Jiménez Berthley, K. G. (2017). Norma Mexicana Ance - Transformadores y autotransformadores de distribución y potencia tipo seco - Capacidad para soportar cortocircuito. *Diario Oficial de La Federación*.
<https://www.ance.org.mx/NormalizacionOnLine/DocsOnn/Documentos/DOC-09032021124704625.pdf>
- Zio, E., Delfanti, M., Giorgi, L., Olivieri, V., & Sansavini, G. (2015). Monte Carlo simulation-based probabilistic assessment of DG penetration in medium voltage distribution networks. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 64, 852–860.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2014.08.004>

8. ANEXOS

Anexo 1

ZONE	EQUIPMENT ID	EQ	FASES	F.P.	AMPS	KW	KW TOTAL	F.U. Simulado	KW CORREG
AHU-1	AHU-01	1	3	0.90	6.00	4.4895	4.4895	0.8021	3.6010
AHU-1	HUM-01	0	3	0.90	5.08	3.8000	0.0000	0.8141	0.0000
AHU-10	AHU-10	1	3	0.90	20.00	14.9649	14.9649	0.7846	11.7408
AHU-10	HUM-10	1	3	0.90	8.82	6.6000	6.6000	0.9067	5.9845
AHU-11	AHU-11	1	3	0.90	20.00	14.9649	14.9649	0.7151	10.7014
AHU-11	HUM-11	1	3	0.90	8.82	6.6000	6.6000	0.7427	4.9015
AHU-12	AHU-12	1	3	0.90	20.00	14.9649	14.9649	0.5430	8.1259
AHU-12	HUM-12	1	3	0.90	8.82	6.6000	6.6000	0.5974	3.9429
AHU-13	AHU-13	1	3	0.90	4.00	2.9930	2.9930	0.7501	2.2450
AHU-13	HUM-13	0	3	0.90	8.82	6.6000	0.0000	0.6957	0.0000
AHU-14	AHU-14	1	3	0.90	4.00	2.9930	2.9930	0.7220	2.1610
AHU-14	HUM-14	0	3	0.90	8.82	6.6000	0.0000	0.7842	0.0000
AHU-15	AHU-15	1	3	0.90	20.00	14.9649	14.9649	0.6991	10.4616

AHU-15	HUM-15	1	3	0.90	8.82	6.6000	6.6000	0.7452	4.9181
AHU-2	AHU-02	1	3	0.90	20.00	14.9649	14.9649	0.8099	12.1198
AHU-2	HUM-02	0	3	0.90	8.82	6.6000	0.0000	0.8893	0.0000
AHU-3	AHU-03	1	3	0.90	20.00	14.9649	14.9649	0.8804	13.1755
AHU-3	HUM-03	1	3	0.90	8.82	6.6000	6.6000	0.8015	5.2899
AHU-4	AHU-04	1	3	0.90	20.00	14.9649	14.9649	0.7925	11.8595
AHU-4	HUM-04	1	3	0.90	8.82	6.6000	6.6000	0.6844	4.5174
AHU-5	AHU-05	1	3	0.90	20.00	14.9649	14.9649	0.6374	9.5383
AHU-5	HUM-05	1	3	0.90	8.82	6.6000	6.6000	0.7377	4.8689
AHU-6	AHU-06	1	3	0.90	20.00	14.9649	14.9649	0.6582	9.8493
AHU-6	HUM-06	1	3	0.90	8.82	6.6000	6.6000	0.9616	6.3462
AHU-7	AHU-07	1	3	0.90	20.00	14.9649	14.9649	0.7731	11.5697
AHU-7	HUM-07	1	3	0.90	8.82	6.6000	6.6000	0.7661	5.0560
AHU-8	AHU-08	1	3	0.90	20.00	14.9649	14.9649	0.6784	10.1516
AHU-8	HUM-08	1	3	0.90	8.82	6.6000	6.6000	0.7651	5.0496
AHU-9	AHU-09	1	3	0.90	20.00	14.9649	14.9649	0.7694	11.5140
AHU-9	HUM-09	1	3	0.90	8.82	6.6000	6.6000	0.9006	5.9437
AHU-1	HEAT-01	1	3	0.90	68.30	51.1000	51.1000	0.2871	14.6686
AHU-10	HEAT-10	1	3	0.90	68.30	51.1000	51.1000	0.3684	18.8256
AHU-11	HEAT-11	1	3	0.90	68.16	51.0000	51.0000	0.4771	24.3313
AHU-12	HEAT-12	1	3	0.90	68.16	51.0000	51.0000	0.7456	38.0234
AHU-13	HEAT-13	1	3	0.90	33.41	25.0000	25.0000	0.2813	7.0330
AHU-14	HEAT-14	1	3	0.90	33.41	25.0000	25.0000	0.5623	14.0580
AHU-15	HEAT-15	1	3	0.90	68.16	51.0000	51.0000	0.6429	32.7868

AHU-3	HEAT-03	1	3	0.90	68.16	51.0000	51.0000	0.4957	25.2815
AHU-4	HEAT-04	1	3	0.90	68.16	51.0000	51.0000	0.2751	14.0313
AHU-5	HEAT-05	1	3	0.90	68.30	51.1000	51.1000	0.4477	22.8791
AHU-2	HEAT-02	1	3	0.90	68.16	51.0000	51.0000	0.5622	28.6708
AHU-6	HEAT-06	1	3	0.90	68.30	51.1000	51.1000	0.1791	9.1534
AHU-7	HEAT-07	1	3	0.90	68.30	51.1000	51.1000	0.5782	29.5473
AHU-8	HEAT-08	1	3	0.90	68.30	51.1000	51.1000	0.0581	2.9682
AHU-9	HEAT-09	1	3	0.90	68.30	51.1000	51.1000	0.5564	28.4330

Anexo 2

ZONE	EQUIPMENT ID	EQ	FA SES	F.P.	AMPs	KW	KW TOTAL	F.U. Simulado	KW CORREG
CCTV	CCTV	1	3	0.90	262.00	89.8519	89.8519	0.8189	73.5787
Ofic Adm.	AA-04	1	3	0.90	227.61	78.0580	78.0580	0.4643	36.2435
Ofic Adm.	AA-05	1	3	0.90	259.40	88.9602	88.9602	0.5804	51.6305
Ofic Adm.	AA-06	1	3	0.90	259.40	88.9602	88.9602	0.5101	45.3771
Ofic Adm.	OC-01	1	3	0.90	98.10	33.6430	33.6430	0.5914	19.8958
Ofic Adm.	OC-02	1	3	0.90	56.10	19.2393	19.2393	0.5363	10.3172
Ofic Adm.	OC-03	1	3	0.90	95.10	32.6142	32.6142	0.6736	21.9685
Ofic Adm.	OC-04	1	3	0.90	93.60	32.0998	32.0998	0.7049	22.6287
Ofic Adm.	OC-05	1	3	0.90	66.50	22.8059	22.8059	0.5402	12.3193
Ofic Adm.	OC-06	1	3	0.90	35.00	12.0031	12.0031	0.6821	8.1869
Ofic Adm.	OC-07	1	3	0.90	56.10	19.2393	19.2393	0.5873	11.2987
Ofic Adm.	OC-08	1	3	0.90	97.10	33.3001	33.3001	0.5354	17.8293
Common areas y oficinas	TAB-X	1	3	0.90	36.31	12.4524	12.4524	0.6167	7.6795
Common areas y oficinas	TAB-T	1	3	0.90	89.42	30.6670	30.6670	0.7212	22.1176
Common areas y oficinas	TAB-W	1	3	0.90	71.54	24.5344	24.5344	0.7430	18.2279

Anexo 3

ZONE	EQUIPMENT ID	EQ	F AS ES	F.P.	AMPs	KW	KW TOTAL	F.U. Simulado	KW CORREG
Cuarto de compresores	COMP-2	1	3	0.90	180.00	134.6843	134.6843	0.9256	124.6695
Cuarto de compresores	COMP-1	1	3	0.90	95.00	71.0834	71.0834	0.8630	61.3469
Cuarto de compresores	SECADOR	1	3	0.90	44.10	33.0000	33.0000	0.9287	30.6456
Colector de Polvo		1	3	0.90	74.78	7.5000	7.5000	0.8737	6.5526
Cuarto Maq.	CHILLER-1	1	3	0.90	240.00	179.5790	179.5790	0.9285	166.7476
Cuarto Maq.	CHILLER-2	1	3	0.90	259.40	194.0950	194.0950	0.9289	180.2852
Cuarto Maq.	CHILLER-3	1	3	0.90	408.00	305.2843	305.2843	0.8792	268.3913
Cuarto Maq.	CHILLER-4	1	3	0.90	137.60	47.1894	47.1894	0.8942	42.1978
Cuarto Maq.	BOMBA SEC.	3	3	0.90	14.00	7.5000	22.5000	0.9483	21.3360
Cuarto Maq.	BOMBA PRIM.	4	3	0.90	34.00	18.7000	74.8000	0.8697	65.0535

Anexo 4

ZONE	EQUIPMENT ID	EQ	FASES	F.P.	AMPs	KW	KW TOTAL	F.U. Simulado	KW CORREG
Detrash	DET006	1	3	0.90	10.00	7.4825	7.4825	0.5483	4.1024
Detrash	DET001	5	1	0.90	3.50	0.4000	2.0002	0.3440	0.6880
Detrash	DET004	1	2	0.90	10.00	1.9800	1.9800	0.2720	0.5386
Detrash	DET002	3	2	0.90	10.00	1.9800	5.9400	0.2990	1.7758
Detrash	DET003	1	2	0.90	10.00	1.9800	1.9800	0.6742	1.3349
Detrash	DET007	1	1	0.90	2.19	0.2500	0.2500	0.2813	0.0703
Detrash	DET005	1	1	0.90	14.44	1.6500	1.6500	0.3564	0.5881
Entrance	ENT001	1	1	0.90	44.10	33.0000	33.0000	0.2537	8.3732
Entrance	ENT002	1	1	0.90	141.00	15.2280	15.2280	0.3345	5.0938
Entrance	ENT003	1	1	0.90	141.00	15.2280	15.2280	0.3169	4.8252
Exterior	EXT001	1	1	0.90	60.00	18.7000	18.7000	0.8795	16.4459

Anexo 5

ZONE	EQUIPMENT ID	EQ	FASES	F.P.	AMPs	KW	KW TOTAL	F.U. Simulado	KW CORREG
Final Test & Calib	FTC0001	1	3	0.90	8.69	6.5000	6.5000	0.7967	5.1785
Final Test & Calib	FTC0017	2	3	0.90	30.00	22.4474	44.8948	0.9771	43.8667
Final Test & Calib	FTC0012	2	3	0.90	20.00	14.9649	29.9298	0.8484	25.3913
Final Test & Calib	FTC0027	4	1	0.90	2.20	0.2515	1.0058	0.9389	0.9444
Final Test & Calib	FTC0028	0	1	0.90	5.00	0.5715	0.0000	0.8317	0.0000
Final Test & Calib	FTC0009	3	1	0.90	2.20	0.2515	0.7544	0.8567	0.6463
Final Test & Calib	FTC0016	3	1	0.90	2.20	0.2515	0.7544	0.9541	0.7198
Final Test & Calib	FTC0008	3	1	0.90	2.20	0.2515	0.7544	0.8801	0.6639
Final Test & Calib	FTC0005	2	1	0.90	2.20	0.2515	0.5029	0.8251	0.4150
Final Test & Calib	FTC0010	2	1	0.90	2.20	0.2515	0.5029	0.7185	0.3613
Final Test & Calib	FTC0011	2	1	0.90	2.20	0.2515	0.5029	0.9323	0.4689
Final Test & Calib	FTC0013	2	1	0.90	2.20	0.2515	0.5029	0.9759	0.4908
Final Test & Calib	FTC0015	2	1	0.90	2.20	0.2515	0.5029	0.8532	0.4291
Final Test & Calib	FTC0018	2	1	0.90	2.20	0.2515	0.5029	0.9320	0.4687
Final Test & Calib	FTC0032	1	1	0.90	4.37	0.5000	0.5000	0.9260	0.4630
Final Test & Calib	FTC0033	1	1	0.90	4.37	0.5000	0.5000	0.8859	0.4429
Final Test & Calib	FTC0034	1	1	0.90	4.37	0.5000	0.5000	0.8889	0.4445

Final Test & Calib	FTC0035	1	1	0.90	4.37	0.5000	0.5000	0.9395	0.4697
Final Test & Calib	FTC0036	1	1	0.90	4.37	0.5000	0.5000	0.8705	0.4353
Final Test & Calib	FTC0037	1	1	0.90	4.37	0.5000	0.5000	0.9920	0.4960
Final Test & Calib	FTC0038	1	1	0.90	4.37	0.5000	0.5000	0.8855	0.4428
Final Test & Calib	FTC0003	1	1	0.90	3.50	0.4000	0.4000	0.9321	0.3729
Final Test & Calib	FTC0004	1	1	0.90	3.50	0.4000	0.4000	0.8941	0.3577
Final Test & Calib	FTC0006	1	1	0.90	2.20	0.2515	0.2515	0.9546	0.2401
Final Test & Calib	FTC0007	1	1	0.90	2.20	0.2515	0.2515	0.9265	0.2330
Final Test & Calib	FTC0031	1	1	0.90	2.20	0.2515	0.2515	0.8465	0.2129
Final Test & Calib	FTC0014	1	1	0.90	2.20	0.2515	0.2515	0.8960	0.2253
Final Test & Calib	FTC0019	1	1	0.90	2.20	0.2515	0.2515	0.8417	0.2117
Final Test & Calib	FTC0031	1	1	0.90	2.20	0.2515	0.2515	0.9423	0.2369
Final Test & Calib	FTC0002	0	1	0.90	5.25	0.6000	0.0000	0.9538	0.0000
Final Test & Calib	FTC0020	1	1	0.90	0.00	0.0000	0.0000	0.8952	0.0000
Final Test & Calib	FTC0021	1	1	0.90	0.00	0.0000	0.0000	0.8436	0.0000
Final Test & Calib	FTC0022	1	1	0.90	0.00	0.0000	0.0000	0.8261	0.0000

Final Test & Calib	FTC0023	1	1	0.90	0.00	0.0000	0.0000	0.8705	0.0000
Final Test & Calib	FTC0024	1	1	0.90	0.00	0.0000	0.0000	0.9069	0.0000
Final Test & Calib	FTC0025	1	1	0.90	0.00	0.0000	0.0000	0.8401	0.0000
Final Test & Calib	FTC0026	0	1	0.90	0.00	0.0000	0.0000	0.9544	0.0000
Final Test & Calib	FTC0028	0	1	0.90	0.00	0.0000	0.0000	0.8955	0.0000
Final Test & Calib	FTC0029	0	1	0.90	0.00	0.0000	0.0000	0.8961	0.0000
Final Test & Calib	FTC0030	0	1	0.90	0.00	0.0000	0.0000	0.9050	0.0000
Final Test & Calib	HVAC	1	3	0.90	200.00	149.6492	149.6492	0.8878	132.8596
FTC	CHILLER-5	1	3	0.90	224.30	76.9228	76.9228	0.8972	69.0113

Anexo 6

ZONE	EQUIPMENT ID	EQ	FASES	F.P.	AMPs	KW	KW TOTAL	F.U. Simulado	KW CORREG
Incoming SMT	INS003	5	1	0.90	10.00	1.1430	5.7150	0.5650	3.2290
Incoming SMT	INS001	1	1	0.90	10.00	1.1430	1.1430	0.4794	0.5480
Incoming SMT	INS002	1	1	0.90	10.00	1.1430	1.1430	0.5444	0.6223
Incoming SMT	INS004	1	1	0.90	10.00	1.1430	1.1430	0.7047	0.8055
Incoming SMT	INS010	1	1	0.90	10.00	1.1430	1.1430	0.6772	0.7740
Incoming SMT	INS006	1	1	0.90	3.50	0.4000	0.4000	0.6373	0.2549
Incoming SMT	INS007	1	1	0.90	3.50	0.4000	0.4000	0.6747	0.2699
Incoming SMT	INS008	1	1	0.90	2.19	0.2500	0.2500	0.8582	0.2145
Incoming SMT	INS009	1	1	0.90	2.19	0.2500	0.2500	0.6566	0.1641
Incoming SMT	INS011	1	1	0.90	4.00	0.4572	0.4572	0.7331	0.3352
Incoming SMT	INS005	6	1	0.90	3.50	0.4000	2.4002	0.6030	1.4474

Anexo 7

ZONE	EQUIPMENT ID	EQ	FASES	F.P.	AMPs	KW	KW TOTAL	F.U. Simulado	KW CORREG
ISO6	CR6002	3	3	0.90	106.00	79.3141	237.9422	0.9331	222.0171
ISO6	ABAN-HFFU	385	1	0.90	2.89	0.3300	127.0439	0.8979	114.0670
ISO6	ABAN-HFFU	240	1	0.90	2.89	0.3300	79.1962	0.9599	76.0173
ISO6	ABAN-HFFU	175	1	0.90	2.89	0.3300	57.7472	0.9480	54.7464
ISO6	IN6022	7	2	0.90	20.00	3.9600	27.7200	0.9124	25.2909
ISO6	ABAN-HFFU	64	1	0.90	2.89	0.3300	21.1190	0.9385	19.8196
ISO6	CR6008	6	2	0.90	22.22	4.4000	26.4000	0.9544	25.1958
ISO6	ABAN-HFFU	58	1	0.90	2.89	0.3300	19.1391	0.9904	18.9552
ISO6	CR6001	1	3	0.90	15.00	11.2237	11.2237	0.9813	11.0139
ISO6	CR6003	1	3	0.90	15.00	11	11.22	0.92	10.38
ISO6	CR6004	1	3	0.90	15.00	11	11.22	0.97	10.91
ISO6	CR6005	1	3	0.90	15.00	11	11.22	0.91	10.21
ISO6	CR6006	1	3	0.90	15.00	11	11.22	0.90	10.11
ISO6	CR6012c	2	3	0.90	20.00	7	13.72	0.93	12.75
ISO6	MAGG-L6049	241	1	0.90	0.32	0	8.92	0.91	8.14
ISO6	IN6004	2	2	0.90	20.00	4	7.92	0.97	7.72
ISO6	MAGG-L6049	184	1	0.90	0.32	0	6.81	0.92	6.29
ISO6	CR60014	1	3	0.90	8.69	7	6.50	0.97	6.32
ISO6	IN6023	7	1	0.90	7.00	1	5.60	0.91	5.10
ISO6	MAGG-L6049	147	1	0.90	0.32	0	5.44	0.95	5.17
ISO6	CR6009	3	1	0.90	14.44	1.6500	4.9500	0.9395	4.6505
ISO6	CR6012b	4	1	0.90	13.40	1.5316	6.1265	0.9131	5.5941
ISO6	ABAN-HFFU	10	1	0.90	2.89	0.3300	3.2998	0.9592	3.1650
ISO6	MAGG-L6049	111	1	0.90	0.32	0.0370	4.1069	0.8828	3.6257
ISO6	IN6020	4	1	0.90	7.00	0.8000	3.1999	0.9577	3.0647

ISO6	IN6001	1	1	0.90	20.00	2.2860	2.2860	0.9728	2.2238
ISO6	IN6002	1	1	0.90	20.00	2.2860	2.2860	0.9597	2.1939
ISO6	IN6003	1	1	0.90	20.00	2.2860	2.2860	0.9267	2.1184
ISO6	CR6012d	6	1	0.90	3.64	0.4157	2.4943	0.9425	2.3508
ISO6	CR6012f	6	1	0.90	3.64	0.4157	2.4943	0.9420	2.3497
ISO6	CR6012i	6	1	0.90	3.64	0.4157	2.4943	0.8640	2.1551
ISO6	IN6021	7	1	0.90	2.19	0.2500	1.7498	0.9336	1.6337
ISO6	IN6018	2	1	0.90	7.00	0.8000	1.6000	0.9120	1.4592
ISO6	CR6012k	1	2	0.90	10.00	1.9800	1.9800	0.9471	1.8754
ISO6	CR6012l	1	2	0.90	10.00	1.9800	1.9800	0.9012	1.7845
ISO6	CR6012m	1	2	0.90	10.00	1.9800	1.9800	0.8959	1.7739
ISO6	IN6017	2	1	0.90	5.25	0.6000	1.1999	0.9068	1.0881
ISO6	CR6012a	4	1	0.90	3.64	0.4157	1.6628	0.9603	1.5968
ISO6	CR6012e	4	1	0.90	3.64	0.4157	1.6628	0.9799	1.6295
ISO6	CR6012g	4	1	0.90	3.64	0.4157	1.6628	0.9751	1.6214
ISO6	GW6006	1	3	0.90	10.00	7.4825	7.4825	0.9259	6.9281
ISO6	CR0054	4	1	0.90	1.75	0.2000	0.8001	0.9230	0.7385
ISO6	CR0056	4	1	0.90	1.75	0.2000	0.8001	0.9851	0.7882
ISO6	GW6001	3	2	0.90	1.26	0.2500	0.7500	0.8746	0.6559
ISO6	MAGG-L6049	27	1	0.90	0.32	0.0370	0.9990	0.9706	0.9696
ISO6	MAGG-L6049	19	1	0.90	0.32	0.0370	0.7030	0.9253	0.6505
ISO6	GW6004	3	1	0.90	13.56	1.5500	4.6501	0.9416	4.3783
ISO6	CR6012h	2	1	0.90	3.64	0.4157	0.8314	0.9142	0.7601
ISO6	CR6012j	2	1	0.90	3.64	0.4157	0.8314	0.9674	0.8043
ISO6	IN6014	1	3	0.90	20.00	6.8589	6.8589	0.9370	6.4270
ISO6	IN6015	1	3	0.90	20.00	6.8589	6.8589	0.8668	5.9452
ISO6	IN6012	1	2	0.90	20.00	3.9600	3.9600	0.9283	3.6761
ISO6	GW6005	3	1	0.90	10.00	1.1430	3.4290	0.9040	3.1000
ISO6	CR0020	2	1	0.90	1.75	0.2000	0.4001	0.9707	0.3883
ISO6	CR0021	2	1	0.90	1.75	0.2000	0.4001	0.9279	0.3712

ISO6	CR0022	2	1	0.90	1.75	0.2000	0.4001	0.9433	0.3774
ISO6	CR0023	2	1	0.90	1.75	0.2000	0.4001	0.9420	0.3768
ISO6	CR0024	2	1	0.90	1.75	0.2000	0.4001	0.9532	0.3813
ISO6	CR0025	2	1	0.90	1.75	0.2000	0.4001	0.9494	0.3798
ISO6	CR0026	2	1	0.90	1.75	0.2000	0.4001	0.9551	0.3821
ISO6	CR0027	2	1	0.90	1.75	0.2000	0.4001	0.9400	0.3761
ISO6	CR0028	2	1	0.90	1.75	0.2000	0.4001	0.9562	0.3825
ISO6	CR0055	2	1	0.90	1.75	0.2000	0.4001	0.8558	0.3424
ISO6	CR60032	2	1	0.90	1.75	0.2000	0.4001	0.9531	0.3813
ISO6	CR60033	2	1	0.90	1.75	0.2000	0.4001	0.9074	0.3630
ISO6	CR60034	2	1	0.90	1.75	0.2000	0.4001	0.9683	0.3873
ISO6	CR60035	2	1	0.90	1.75	0.2000	0.4001	0.9161	0.3665
ISO6	CR60036	2	1	0.90	1.75	0.2000	0.4001	0.9469	0.3788
ISO6	CR60037	2	1	0.90	1.75	0.2000	0.4001	0.9611	0.3845
ISO6	CR60038	2	1	0.90	1.75	0.2000	0.4001	0.8688	0.3476
ISO6	CR60039	2	1	0.90	1.75	0.2000	0.4001	0.9324	0.3730
ISO6	CR60043	2	1	0.90	1.75	0.2000	0.4001	0.9331	0.3733
ISO6	CR60044	2	1	0.90	1.75	0.2000	0.4001	0.9415	0.3766
ISO6	CR60045	2	1	0.90	1.75	0.2000	0.4001	0.9180	0.3672
ISO6	CR60046	2	1	0.90	1.75	0.2000	0.4001	0.9490	0.3796
ISO6	CR00050	2	1	0.90	1.75	0.2000	0.4001	0.9042	0.3617
ISO6	CR00051	2	1	0.90	1.75	0.2000	0.4001	0.9133	0.3654
ISO6	CR00052	2	1	0.90	1.75	0.2000	0.4001	0.9129	0.3652
ISO6	CR00053	2	1	0.90	1.75	0.2000	0.4001	0.9780	0.3913
ISO6	IN6006	2	1	0.90	1.75	0.2000	0.4001	0.9469	0.3788
ISO6	IN6007	2	1	0.90	1.75	0.2000	0.4001	0.8932	0.3573
ISO6	IN6008	2	1	0.90	1.75	0.2000	0.4001	0.9368	0.3748
ISO6	IN6009	2	1	0.90	1.75	0.2000	0.4001	0.9808	0.3924
ISO6	IN6010	2	1	0.90	1.75	0.2000	0.4001	0.9897	0.3959
ISO6	CR00041	1	1	0.90	20.00	2.2860	2.2860	0.8755	2.0013

ISO6	CR00042	1	1	0.90	20.00	2.2860	2.2860	0.9756	2.2303
ISO6	CR00029	1	1	0.90	20.00	2.2860	2.2860	0.9394	2.1474
ISO6	CR00031	1	1	0.90	20.00	2.2860	2.2860	0.8664	1.9806
ISO6	CR6012q	1	1	0.90	3.64	0.4157	0.4157	0.9304	0.3868
ISO6	CR6012r	1	1	0.90	3.64	0.4157	0.4157	0.9362	0.3892
ISO6	CR6012s	1	1	0.90	3.64	0.4157	0.4157	0.8759	0.3641
ISO6	CR00040	1	1	0.90	14.44	1.6500	1.6500	0.9788	1.6151
ISO6	IN6025	1	1	0.90	14.44	1.6500	1.6500	0.9809	1.6185
ISO6	CR6012n	1	1	0.90	2.27	0.2595	0.2595	0.9805	0.2544
ISO6	CR6012o	1	1	0.90	2.19	0.2500	0.2500	0.8674	0.2168
ISO6	CR6012p	1	1	0.90	2.19	0.2500	0.2500	0.9135	0.2283
ISO6	GW6002	3	2	0.90	1.26	0.2500	0.7500	0.9680	0.7260
ISO6	GW6003	3	1	0.90	1.75	0.2000	0.6001	0.9075	0.5445
ISO6	CR00030	1	2	0.90	1.26	0.2500	0.2500	0.9351	0.2338
ISO6	CR00047	1	2	0.90	1.26	0.2500	0.2500	0.9228	0.2307
ISO6	CR00058	1	2	0.90	1.26	0.2500	0.2500	0.9728	0.2432
ISO6	CR00048	1	2	0.90	1.26	0.2500	0.2500	0.9764	0.2441
ISO6	CR00049	1	2	0.90	1.26	0.2500	0.2500	0.9332	0.2333
ISO6	CR0056	1	2	0.90	1.26	0.2500	0.2500	0.9714	0.2429
ISO6	CR0057	1	2	0.90	1.26	0.2500	0.2500	0.9324	0.2331
ISO6	GW6007	1	1	0.90	1.26	0.2500	0.2500	0.9494	0.2373
ISO6	IN6011	1	2	0.90	1.26	0.2500	0.2500	0.9521	0.2380
ISO6	IN6013	1	2	0.90	1.26	0.2500	0.2500	0.8943	0.2236
ISO6	IN6016	1	2	0.90	1.26	0.2500	0.2500	0.9924	0.2481
ISO6	IN6024	1	2	0.90	1.26	0.2500	0.2500	0.8871	0.2218
ISO6	CR6007	0	1	0.90	15.00	1.7145	0.0000	0.9655	0.0000
ISO6	CR00041	0	2	0.90	1.26	0.2500	0.0000	0.9339	0.0000
ISO6	CR00042	0	2	0.90	1.26	0.2500	0.0000	0.9041	0.0000
ISO6	CR6020	0	3	0.90	15.00	5.1442	0.0000	0.9905	0.0000
ISO6	IN6005	0	1	0.90	15.00	1.7145	0.0000	0.9049	0.0000

Anexo 8

ZONE	EQUIPMENT ID	EQ	FASES	F.P.	AMPs	KW	KW TOTAL	F.U. Simulado	KW CORREG
Oficces	OFIC001	1	3	0.90	110.22	37.8011	37.8011	0.9185	34.7186
Oficces	CON-2	1	3	0.90	146.97	50.4015	50.4015	0.9779	49.2853
Oficces	CON-3	1	3	0.90	110.22	37.8011	37.8011	0.9525	36.0066
Oficces	CON-4	1	3	0.90	110.22	37.8011	37.8011	0.9703	36.6777
Oficces	CON-5	1	3	0.90	165.34	56.7017	56.7017	0.9275	52.5885
Oficces	CON-6	1	3	0.90	146.97	50.4015	50.4015	0.9513	47.9445
Oficces	CON-7	1	3	0.90	131.22	45.0013	45.0013	0.9579	43.1046
Oficces	EVA-01	1	2	0.90	0.70	0.1386	0.1386	0.9498	0.1316
Oficces	EVA-02	1	2	0.90	1.00	0.1980	0.1980	0.9046	0.1791
Oficces	EVA-03-13	10	2	0.90	0.50	0.0990	0.9900	0.9699	0.9602
Oficces	UE-01	1	2	0.90	2.00	0.3960	0.3960	0.9612	0.3807
Oficces	UE-02	1	2	0.90	2.00	0.3960	0.3960	0.9272	0.3672
Oficces	UE-03	1	2	0.90	2.00	0.3960	0.3960	0.9383	0.3716
Oficces	UE-04	1	2	0.90	2.00	0.3960	0.3960	0.9086	0.3598
Oficces	UE-05	1	2	0.90	2.00	0.3960	0.3960	0.9728	0.3852
Oficces	UE-06	1	2	0.90	2.00	0.3960	0.3960	0.9067	0.3591
Oficces	UE-07	1	2	0.90	2.00	0.3960	0.3960	0.8999	0.3564
Oficces	UE-08	1	2	0.90	2.00	0.3960	0.3960	0.9808	0.3884
Oficces	UE-09	1	2	0.90	2.00	0.3960	0.3960	0.9384	0.3716
Oficces	UE-10	1	2	0.90	2.00	0.3960	0.3960	0.9427	0.3733
Oficces	UE-11	1	2	0.90	2.00	0.3960	0.3960	0.9554	0.3783
Oficces	UE-12	1	2	0.90	1.10	0.2178	0.2178	0.9086	0.1979
Oficces	UE-13	1	2	0.90	2.00	0.3960	0.3960	0.9269	0.3671
Oficces	UE-14	1	2	0.90	2.00	0.3960	0.3960	0.9337	0.3697
Oficces	UE-15	1	2	0.90	2.00	0.3960	0.3960	0.9051	0.3584
Oficces	UE-16	1	2	0.90	1.60	0.3168	0.3168	0.9231	0.2924
Oficces	UE-17	1	2	0.90	1.50	0.2970	0.2970	0.9832	0.2920

Oficces	UE-18	1	2	0.90	1.50	0.2970	0.2970	0.9563	0.2840
Oficces	UE-19	1	2	0.90	1.10	0.2178	0.2178	0.9758	0.2125
Oficces	UE-20	1	2	0.90	1.50	0.2970	0.2970	0.9324	0.2769
Oficces	UE-21	1	2	0.90	1.50	0.2970	0.2970	0.9653	0.2867
Oficces	UE-22	1	2	0.90	1.50	0.2970	0.2970	0.9081	0.2697
Oficces	UE-23	1	2	0.90	1.50	0.2970	0.2970	0.9485	0.2817
Oficces	UE-24	1	2	0.90	2.00	0.3960	0.3960	0.9529	0.3774
Oficces	UE-25	1	2	0.90	1.60	0.3168	0.3168	0.9806	0.3107
Oficces	UE-26	1	2	0.90	2.00	0.3960	0.3960	0.9699	0.3841
Oficces	UE-27	1	2	0.90	2.00	0.3960	0.3960	0.9618	0.3809

Anexo 9

ZONE	EQUIPMENT ID	EQ	FASES	F.P.	AMPs	KW	KW TOTAL	F.U.	KW CORREG
Preclean ISO 7	PREC008	1	3	0.90	20.00	14.9649	14.9649	0.5352	8.0093
Preclean ISO 7	PREC009	1	3	0.90	20.00	14.9649	14.9649	0.4717	7.0594
Preclean ISO 7	ABAN-HFFU	35	1	0.90	2.89	0.3300	11.5494	0.6907	7.9776
Preclean ISO 7	PREC011	1	3	0.90	10.00	7.4825	7.4825	0.6184	4.6270
Preclean ISO 7	PREC006	1	3	0.90	10.00	3.4295	3.4295	0.5513	1.8907
Preclean ISO 7	PREC007	1	3	0.90	10.00	3.4295	3.4295	0.8319	2.8528

Preclean ISO 7	PREC011	1	3	0.90	10.00	3.4295	3.4295	0.4987	1.7104
Preclean ISO 7	PREC010	1	1	0.90	20.00	2.2860	2.2860	0.3868	0.8841
Preclean ISO 7	PREC003	1	2	0.90	10.00	1.9800	1.9800	0.7428	1.4708
Preclean ISO 7	MAGG-L6049	53	1	0.90	0.32	0.0370	1.9609	0.7930	1.5550
Preclean ISO 7	PREC004	1	1	0.90	10.00	1.1430	1.1430	0.6860	0.7841
Preclean ISO 7	PREC005	1	1	0.90	10.00	1.1430	1.1430	0.5416	0.6190
Preclean ISO 7	PREC011	1	1	0.90	10.00	1.1430	1.1430	0.5937	0.6785
Preclean ISO 7	PREC025	1	1	0.90	8.40	0.9601	0.9601	0.5526	0.5306
Preclean ISO 7	PREC001	1	1	0.90	7.00	0.8000	0.8000	0.6629	0.5303
Preclean ISO 7	PREC002	1	1	0.90	7.00	0.8000	0.8000	0.6558	0.5246
Preclean ISO 7	PREC021	1	1	0.90	3.50	0.4000	0.4000	0.5511	0.2205
Preclean ISO 7	PREC022	1	1	0.90	3.50	0.4000	0.4000	0.5334	0.2134
Preclean ISO 7	PREC024	1	1	0.90	3.50	0.4000	0.4000	0.5653	0.2261
Preclean ISO 7	PREC027	1	1	0.90	3.50	0.4000	0.4000	0.4685	0.1874
Preclean ISO 7	PREC028	1	1	0.90	3.50	0.4000	0.4000	0.7858	0.3143
Preclean ISO 7	PREC013	1	2	0.90	10.00	1.9800	1.9800	0.4390	0.8692

Preclean ISO 7	PREC014	1	2	0.90	10.00	1.9800	1.9800	0.5985	1.1850
Preclean ISO 7	PREC015	1	2	0.90	10.00	1.9800	1.9800	0.5567	1.1022
Preclean ISO 7	PREC016	1	2	0.90	10.00	1.9800	1.9800	0.8407	1.6647
Preclean ISO 7	PREC017	1	2	0.90	10.00	1.9800	1.9800	0.3816	0.7556
Preclean ISO 7	PREC018	1	2	0.90	10.00	1.9800	1.9800	0.5948	1.1777
Preclean ISO 7	PREC019	1	1	0.90	2.19	0.2500	0.2500	0.5889	0.1472
Preclean ISO 7	PREC020	1	1	0.90	2.19	0.2500	0.2500	0.5118	0.1279
Preclean ISO 7	PREC023	1	1	0.90	2.19	0.2500	0.2500	0.4962	0.1240
Preclean ISO 7	PREC024	1	1	0.90	1.80	0.2057	0.2057	0.4817	0.0991
Preclean ISO 7	PREC012	1	1	0.90	10.00	1.1430	1.1430	0.6234	0.7125
Preclean ISO 7	PREC029	1	2	0.90	1.26	0.2500	0.2500	0.5984	0.1496
Preclean ISO 7	PREC026	0	1	0.90	8.40	0.9601	0.0000	0.5409	0.0000

Anexo 10

ZONE	EQUIPMENT ID	EQ	FASES	F.P.	AMPS	KW	KW TOTAL	F.U.	KW CORREG
RDI-MDF	RDI, MDF	1	3	0.90	65.32	22.4000	22.4000	0.9967	22.3266
SERVIDORES		1	3	0.90	58.32	20.0000	20.0000	0.9942	19.8850
SERVIDORES	HVAC	1	2	0.90	34.99	12.0000	12.0000	0.9974	11.9689

Anexo 11

ZONE	EQUIPMENT ID	EQ	FASES	F.P.	AMPS	KW	KW TOTAL	F.U.	KW CORREG
Warehouse	WHOUT009	1	3	0.90	30.00	22.4474	22.4474	0.4909	11.0185
Warehouse	WHIN001	1	1	0.90	5.25	0.6000	0.6000	0.5239	0.3143
Warehouse	WHIN002	1	1	0.90	5.25	0.6000	0.6000	0.5262	0.3157
Warehouse	WHOUT001	1	1	0.90	5.25	0.6000	0.6000	0.7701	0.4620
Warehouse	WHOUT002	1	1	0.90	5.25	0.6000	0.6000	0.7254	0.4352
Warehouse	WHOUT005	1	1	0.90	5.25	0.6000	0.6000	0.5833	0.3499
Warehouse	WHOUT006	1	1	0.90	5.25	0.6000	0.6000	0.6796	0.4077
Warehouse	WHOUT008	1	1	0.90	5.25	0.6000	0.6000	0.6531	0.3918
Warehouse	WHIN003	5	1	0.90	5.25	0.6000	2.9998	0.7011	2.1032
Warehouse	WHIN004	1	1	0.90	10.00	1.1430	1.1430	0.5648	0.6456
Warehouse	WHOUT004	1	1	0.90	10.00	1.1430	1.1430	0.7097	0.8112
Warehouse	WHOUT003	1	1	0.90	5.25	0.6000	0.6000	0.4842	0.2905
Warehouse	WHOUT007	1	1	0.90	5.25	0.6000	0.6000	0.5983	0.3590
Warehouse	WHIN005	1	3	0.90	50.00	37.4123	37.4123	0.7530	28.1722

Anexo 12

ZONE	EQUIPMENT ID	EQ	FASES	F.P.	AMPS	KW	KW TOTAL	F.U.	KW CORREG
	Chiller rentado	1	3	0.90	600.00	448.9476	448.9476	0.9912	445.0055
	Chiller rentado	1	3	0.90	400.00	299.2984	299.2984	0.9435	282.4027

Anexo 13

							5253.5909		3865.604652
							KVA		KVA
						4454	5149		3788
ZONE ID	EQUIPMENT	EQ	FASES	F.P.	AMPs	KW	KW TOTAL	F.U.	KW CORREG
AHU-1	AHU-01	1	3	0.90	6.00	4.4895	4.4895	0.8059	3.6182
AHU-1	HUM-01	0	3	0.90	5.08	3.8000	0.0000	0.6435	0.0000
AHU-10	AHU-10	1	3	0.90	20.00	14.9649	14.9649	0.5252	7.8592
AHU-10	HUM-10	1	3	0.90	8.82	6.6000	6.6000	0.6011	3.9671
AHU-11	AHU-11	1	3	0.90	20.00	14.9649	14.9649	0.7747	11.5937
AHU-11	HUM-11	1	3	0.90	8.82	6.6000	6.6000	0.6686	4.4131
AHU-12	AHU-12	1	3	0.90	20.00	14.9649	14.9649	0.9331	13.9636
AHU-12	HUM-12	1	3	0.90	8.82	6.6000	6.6000	0.8920	5.8870
AHU-13	AHU-13	1	3	0.90	4.00	2.9930	2.9930	0.7581	2.2689
AHU-13	HUM-13	0	3	0.90	8.82	6.6000	0.0000	0.6359	0.0000
AHU-14	AHU-14	1	3	0.90	4.00	2.9930	2.9930	0.7200	2.1549
AHU-14	HUM-14	0	3	0.90	8.82	6.6000	0.0000	0.8009	0.0000
AHU-15	AHU-15	1	3	0.90	20.00	14.9649	14.9649	0.8337	12.4766
AHU-15	HUM-15	1	3	0.90	8.82	6.6000	6.6000	0.6167	4.0703
AHU-2	AHU-02	1	3	0.90	20.00	14.9649	14.9649	0.7599	11.3724
AHU-2	HUM-02	0	3	0.90	8.82	6.6000	0.0000	0.6451	0.0000
AHU-3	AHU-03	1	3	0.90	20.00	14.9649	14.9649	0.8131	12.1675
AHU-3	HUM-03	1	3	0.90	8.82	6.6000	6.6000	0.5806	3.8321
AHU-4	AHU-04	1	3	0.90	20.00	14.9649	14.9649	0.7146	10.6941
AHU-4	HUM-04	1	3	0.90	8.82	6.6000	6.6000	0.8832	5.8291

AHU-5	AHU-05	1	3	0.90	20.00	14.9649	14.9649	0.7077	10.5908
AHU-5	HUM-05	1	3	0.90	8.82	6.6000	6.6000	0.6613	4.3648
AHU-6	AHU-06	1	3	0.90	20.00	14.9649	14.9649	0.6997	10.4705
AHU-6	HUM-06	1	3	0.90	8.82	6.6000	6.6000	0.7709	5.0880
AHU-7	AHU-07	1	3	0.90	20.00	14.9649	14.9649	0.8420	12.6008
AHU-7	HUM-07	1	3	0.90	8.82	6.6000	6.6000	0.8063	5.3217
AHU-8	AHU-08	1	3	0.90	20.00	14.9649	14.9649	0.7777	11.6381
AHU-8	HUM-08	1	3	0.90	8.82	6.6000	6.6000	0.8578	5.6617
AHU-9	AHU-09	1	3	0.90	20.00	14.9649	14.9649	0.7918	11.8494
AHU-9	HUM-09	1	3	0.90	8.82	6.6000	6.6000	0.7879	5.2003
AHU-1	HEAT-01	1	3	0.90	68.30	51.1000	51.1000	0.1914	9.7799
AHU-10	HEAT-10	1	3	0.90	68.30	51.1000	51.1000	0.3784	19.3352
AHU-11	HEAT-11	1	3	0.90	68.16	51.0000	51.0000	0.3478	17.7359
AHU-12	HEAT-12	1	3	0.90	68.16	51.0000	51.0000	0.0632	3.2212
AHU-13	HEAT-13	1	3	0.90	33.41	25.0000	25.0000	0.6978	17.4455
AHU-14	HEAT-14	1	3	0.90	33.41	25.0000	25.0000	0.5063	12.6569
AHU-15	HEAT-15	1	3	0.90	68.16	51.0000	51.0000	0.2164	11.0385
AHU-3	HEAT-03	1	3	0.90	68.16	51.0000	51.0000	0.6923	35.3087
AHU-4	HEAT-04	1	3	0.90	68.16	51.0000	51.0000	0.5136	26.1936
AHU-5	HEAT-05	1	3	0.90	68.30	51.1000	51.1000	0.7291	37.2573
AHU-2	HEAT-02	1	3	0.90	68.16	51.0000	51.0000	0.0781	3.9836
AHU-6	HEAT-06	1	3	0.90	68.30	51.1000	51.1000	0.4649	23.7588
AHU-7	HEAT-07	1	3	0.90	68.30	51.1000	51.1000	0.3864	19.7436
AHU-8	HEAT-08	1	3	0.90	68.30	51.1000	51.1000	0.1385	7.0762
AHU-9	HEAT-09	1	3	0.90	68.30	51.1000	51.1000	0.5149	26.3139
CCTV	CCTV	1	3	0.90	262.00	89.8519	89.8519	0.7735	69.5007
Ofic Adm.	AA-04	1	3	0.90	227.61	78.0580	78.0580	0.5260	41.0588
Ofic Adm.	AA-05	1	3	0.90	259.40	88.9602	88.9602	0.5004	44.5164
Ofic Adm.	AA-06	1	3	0.90	259.40	88.9602	88.9602	0.4863	43.2612
Ofic Adm.	OC-01	1	3	0.90	98.10	33.6430	33.6430	0.4960	16.6879

Ofic Adm.	OC-02	1	3	0.90	56.10	19.2393	19.2393	0.6188	11.9050
Ofic Adm.	OC-03	1	3	0.90	95.10	32.6142	32.6142	0.6396	20.8612
Ofic Adm.	OC-04	1	3	0.90	93.60	32.0998	32.0998	0.4899	15.7269
Ofic Adm.	OC-05	1	3	0.90	66.50	22.8059	22.8059	0.7575	17.2756
Ofic Adm.	OC-06	1	3	0.90	35.00	12.0031	12.0031	0.6124	7.3504
Ofic Adm.	OC-07	1	3	0.90	56.10	19.2393	19.2393	0.6963	13.3961
Ofic Adm.	OC-08	1	3	0.90	97.10	33.3001	33.3001	0.5903	19.6563
Common areas y oficinas	TAB-X	1	3	0.90	36.31	12.4524	12.4524	0.7727	9.6217
Common areas y oficinas	TAB-T	1	3	0.90	89.42	30.6670	30.6670	0.7006	21.4857
Common areas y oficinas	TAB-W	1	3	0.90	71.54	24.5344	24.5344	0.6360	15.6029
Cuarto de compresores	COMP-2	1	3	0.90	180.00	134.6843	134.6843	0.9118	122.8089
Cuarto de compresores	COMP-1	1	3	0.90	95.00	71.0834	71.0834	0.8562	60.8611
Cuarto de compresores	SECADOR	1	3	0.90	44.10	33.0000	33.0000	0.9230	30.4601
Colector de Polvo		1	3	0.90	74.78	7.5000	7.5000	0.9389	7.0414
Cuarto Maq.	CHILLER-1	1	3	0.90	240.00	179.5790	179.5790	0.9718	174.5161
Cuarto Maq.	CHILLER-2	1	3	0.90	259.40	194.0950	194.0950	0.9784	189.8956
Cuarto Maq.	CHILLER-3	1	3	0.90	408.00	305.2843	305.2843	0.8682	265.0408
Cuarto Maq.	CHILLER-4	1	3	0.90	137.60	47.1894	47.1894	0.9627	45.4296
Cuarto Maq.	BOMBA SEC.	3	3	0.90	14.00	7.5000	22.5000	0.9160	20.6103
Cuarto Maq.	BOMBA PRIM.	4	3	0.90	34.00	18.7000	74.8000	0.9025	67.5062
Detrash	DET006	1	3	0.90	10.00	7.4825	7.4825	0.5335	3.9921
Detrash	DET001	5	1	0.90	3.50	0.4000	2.0002	0.3336	0.6672
Detrash	DET004	1	2	0.90	10.00	1.9800	1.9800	0.5443	1.0776

Detrash	DET002	3	2	0.90	10.00	1.9800	5.9400	0.3670	2.1801
Detrash	DET003	1	2	0.90	10.00	1.9800	1.9800	0.5121	1.0140
Detrash	DET007	1	1	0.90	2.19	0.2500	0.2500	0.3094	0.0773
Detrash	DET005	1	1	0.90	14.44	1.6500	1.6500	0.4576	0.7551
Entrance		1	1	0.90	44.10	33.0000	33.0000	0.5403	17.8313
Entrance		1	1	0.90	141.00	15.2280	15.2280	0.4712	7.1748
Entrance		1	1	0.90	141.00	15.2280	15.2280	0.3908	5.9510
Exterior		1	1	0.90	60.00	18.7000	18.7000	0.6067	11.3446
Final Test & Calib	FTC0001	1	3	0.90	8.69	6.5000	6.5000	0.8235	5.3528
Final Test & Calib	FTC0017	2	3	0.90	30.00	22.4474	44.8948	0.8699	39.0526
Final Test & Calib	FTC0012	2	3	0.90	20.00	14.9649	29.9298	0.8786	26.2954
Final Test & Calib	FTC0027	4	1	0.90	2.20	0.2515	1.0058	0.8955	0.9007
Final Test & Calib	FTC0028	0	1	0.90	5.00	0.5715	0.0000	0.8664	0.0000
Final Test & Calib	FTC0009	3	1	0.90	2.20	0.2515	0.7544	0.8348	0.6298
Final Test & Calib	FTC0016	3	1	0.90	2.20	0.2515	0.7544	0.8860	0.6684
Final Test & Calib	FTC0008	3	1	0.90	2.20	0.2515	0.7544	0.8116	0.6122
Final Test & Calib	FTC0005	2	1	0.90	2.20	0.2515	0.5029	0.8293	0.4171
Final Test & Calib	FTC0010	2	1	0.90	2.20	0.2515	0.5029	0.7071	0.3556
Final Test & Calib	FTC0011	2	1	0.90	2.20	0.2515	0.5029	0.9239	0.4647
Final Test & Calib	FTC0013	2	1	0.90	2.20	0.2515	0.5029	0.8882	0.4467

Final Test & Calib	FTC0015	2	1	0.90	2.20	0.2515	0.5029	0.8440	0.4245
Final Test & Calib	FTC0018	2	1	0.90	2.20	0.2515	0.5029	0.9370	0.4712
Final Test & Calib	FTC0032	1	1	0.90	4.37	0.5000	0.5000	0.8815	0.4407
Final Test & Calib	FTC0033	1	1	0.90	4.37	0.5000	0.5000	0.8790	0.4395
Final Test & Calib	FTC0034	1	1	0.90	4.37	0.5000	0.5000	0.9065	0.4532
Final Test & Calib	FTC0035	1	1	0.90	4.37	0.5000	0.5000	0.9329	0.4665
Final Test & Calib	FTC0036	1	1	0.90	4.37	0.5000	0.5000	0.9047	0.4524
Final Test & Calib	FTC0037	1	1	0.90	4.37	0.5000	0.5000	0.9454	0.4727
Final Test & Calib	FTC0038	1	1	0.90	4.37	0.5000	0.5000	0.9387	0.4694
Final Test & Calib	FTC0003	1	1	0.90	3.50	0.4000	0.4000	0.8361	0.3345
Final Test & Calib	FTC0004	1	1	0.90	3.50	0.4000	0.4000	0.8771	0.3509
Final Test & Calib	FTC0006	1	1	0.90	2.20	0.2515	0.2515	0.8284	0.2083
Final Test & Calib	FTC0007	1	1	0.90	2.20	0.2515	0.2515	0.9892	0.2487
Final Test & Calib	FTC0031	1	1	0.90	2.20	0.2515	0.2515	0.9189	0.2311
Final Test & Calib	FTC0014	1	1	0.90	2.20	0.2515	0.2515	0.8937	0.2247
Final Test & Calib	FTC0019	1	1	0.90	2.20	0.2515	0.2515	0.8492	0.2135

Final Test & Calib	FTC0031	1	1	0.90	2.20	0.2515	0.2515	0.9373	0.2357
Final Test & Calib	FTC0002	0	1	0.90	5.25	0.6000	0.0000	0.9373	0.0000
Final Test & Calib	FTC0020	1	1	0.90	0.00	0.0000	0.0000	0.8602	0.0000
Final Test & Calib	FTC0021	1	1	0.90	0.00	0.0000	0.0000	0.9010	0.0000
Final Test & Calib	FTC0022	1	1	0.90	0.00	0.0000	0.0000	0.9158	0.0000
Final Test & Calib	FTC0023	1	1	0.90	0.00	0.0000	0.0000	0.8267	0.0000
Final Test & Calib	FTC0024	1	1	0.90	0.00	0.0000	0.0000	0.8314	0.0000
Final Test & Calib	FTC0025	1	1	0.90	0.00	0.0000	0.0000	0.8142	0.0000
Final Test & Calib	FTC0026	0	1	0.90	0.00	0.0000	0.0000	0.8361	0.0000
Final Test & Calib	FTC0028	0	1	0.90	0.00	0.0000	0.0000	0.9293	0.0000
Final Test & Calib	FTC0029	0	1	0.90	0.00	0.0000	0.0000	0.8425	0.0000
Final Test & Calib	FTC0030	0	1	0.90	0.00	0.0000	0.0000	0.9289	0.0000
Final Test & Calib	HVAC	1	3	0.90	200.00	149.6492	149.6492	0.8494	127.1072
FTC	CHILLER-5	1	3	0.90	224.30	76.9228	76.9228	0.9780	75.2313
Incoming SMT	INS003	5	1	0.90	10.00	1.1430	5.7150	0.6983	3.9909
Incoming SMT	INS001	1	1	0.90	10.00	1.1430	1.1430	0.6870	0.7853
Incoming SMT	INS002	1	1	0.90	10.00	1.1430	1.1430	0.6948	0.7942
Incoming SMT	INS004	1	1	0.90	10.00	1.1430	1.1430	0.4317	0.4934
Incoming SMT	INS010	1	1	0.90	10.00	1.1430	1.1430	0.5053	0.5775

Incoming SMT	INS006	1	1	0.90	3.50	0.4000	0.4000	0.6629	0.2652
Incoming SMT	INS007	1	1	0.90	3.50	0.4000	0.4000	0.5798	0.2320
Incoming SMT	INS008	1	1	0.90	2.19	0.2500	0.2500	0.7164	0.1791
Incoming SMT	INS009	1	1	0.90	2.19	0.2500	0.2500	0.6188	0.1547
Incoming SMT	INS011	1	1	0.90	4.00	0.4572	0.4572	0.6716	0.3071
Incoming SMT	INS005	6	1	0.90	3.50	0.4000	2.4002	0.8136	1.9528
ISO6	CR6002	3	3	0.90	106.00	79.3141	237.9422	0.9266	220.4864
ISO6	ABAN-HFFU	385	1	0.90	2.89	0.3300	127.0439	0.9524	120.9986
ISO6	ABAN-HFFU	240	1	0.90	2.89	0.3300	79.1962	0.9682	76.6747
ISO6	ABAN-HFFU	175	1	0.90	2.89	0.3300	57.7472	0.9583	55.3389
ISO6	IN6022	7	2	0.90	20.00	3.9600	27.7200	0.9196	25.4921
ISO6	ABAN-HFFU	64	1	0.90	2.89	0.3300	21.1190	0.9372	19.7926
ISO6	CR6008	6	2	0.90	22.22	4.4000	26.4000	0.9555	25.2258
ISO6	ABAN-HFFU	58	1	0.90	2.89	0.3300	19.1391	0.9359	17.9115
ISO6	CR6001	1	3	0.90	15.00	11.2237	11.2237	0.9417	10.5695
ISO6	CR6003	1	3.00	0.90	15.00	11	11.22	0.94	10.51
ISO6	CR6004	1	3.00	0.90	15.00	11	11.22	0.96	10.76
Oficces	OFIC001	1	3	0.90	110.22	37.8011	37.8011	0.9188	34.7332
Oficces	CON-2	1	3	0.90	146.97	50.4015	50.4015	0.9288	46.8115
Oficces	CON-3	1	3	0.90	110.22	37.8011	37.8011	0.9287	35.1059
Oficces	CON-4	1	3	0.90	110.22	37.8011	37.8011	0.9493	35.8859
Oficces	CON-5	1	3	0.90	165.34	56.7017	56.7017	0.9441	53.5331
Oficces	CON-6	1	3	0.90	146.97	50.4015	50.4015	0.9297	46.8579
Oficces	CON-7	1	3	0.90	131.22	45.0013	45.0013	0.9501	42.7551
Oficces	EVA-01	1	2	0.90	0.70	0.1386	0.1386	0.8896	0.1233
Oficces	EVA-02	1	2	0.90	1.00	0.1980	0.1980	0.9692	0.1919
Oficces	EVA-03-13	10	2	0.90	0.50	0.0990	0.9900	0.9364	0.9271
Oficces	UE-01	1	2	0.90	2.00	0.3960	0.3960	0.9582	0.3795
Oficces	UE-02	1	2	0.90	2.00	0.3960	0.3960	0.9406	0.3725
Oficces	UE-03	1	2	0.90	2.00	0.3960	0.3960	0.9316	0.3689

Oficces	UE-04	1	2	0.90	2.00	0.3960	0.3960	0.9459	0.3746
Oficces	UE-05	1	2	0.90	2.00	0.3960	0.3960	0.9727	0.3852
Oficces	UE-06	1	2	0.90	2.00	0.3960	0.3960	0.9699	0.3841
Oficces	UE-07	1	2	0.90	2.00	0.3960	0.3960	0.9226	0.3654
Oficces	UE-08	1	2	0.90	2.00	0.3960	0.3960	0.9349	0.3702
Oficces	UE-09	1	2	0.90	2.00	0.3960	0.3960	0.9065	0.3590
Oficces	UE-10	1	2	0.90	2.00	0.3960	0.3960	0.8966	0.3551
Oficces	UE-11	1	2	0.90	2.00	0.3960	0.3960	0.9305	0.3685
Oficces	UE-12	1	2	0.90	1.10	0.2178	0.2178	0.9864	0.2148
Oficces	UE-13	1	2	0.90	2.00	0.3960	0.3960	0.9223	0.3652
Oficces	UE-14	1	2	0.90	2.00	0.3960	0.3960	0.9423	0.3732
Oficces	UE-15	1	2	0.90	2.00	0.3960	0.3960	0.9372	0.3711
Oficces	UE-16	1	2	0.90	1.60	0.3168	0.3168	0.9144	0.2897
Oficces	UE-17	1	2	0.90	1.50	0.2970	0.2970	0.9176	0.2725
Oficces	UE-18	1	2	0.90	1.50	0.2970	0.2970	0.9149	0.2717
Oficces	UE-19	1	2	0.90	1.10	0.2178	0.2178	0.9564	0.2083
Oficces	UE-20	1	2	0.90	1.50	0.2970	0.2970	0.9261	0.2751
Oficces	UE-21	1	2	0.90	1.50	0.2970	0.2970	0.9153	0.2718
Oficces	UE-22	1	2	0.90	1.50	0.2970	0.2970	0.9478	0.2815
Oficces	UE-23	1	2	0.90	1.50	0.2970	0.2970	0.9335	0.2773
Oficces	UE-24	1	2	0.90	2.00	0.3960	0.3960	0.9776	0.3871
Oficces	UE-25	1	2	0.90	1.60	0.3168	0.3168	0.9403	0.2979
Oficces	UE-26	1	2	0.90	2.00	0.3960	0.3960	0.9332	0.3695
Oficces	UE-27	1	2	0.90	2.00	0.3960	0.3960	0.9825	0.3891
Preclean ISO 7	PREC008	1	3	0.90	20.00	14.9649	14.9649	0.7157	10.7110
Preclean ISO 7	PREC009	1	3	0.90	20.00	14.9649	14.9649	0.7209	10.7882
Preclean ISO 7	ABAN-HFFU	35	1	0.90	2.89	0.3300	11.5494	0.4536	5.2392
Preclean ISO 7	PREC011	1	3	0.90	10.00	7.4825	7.4825	0.6849	5.1244
Preclean ISO 7	PREC006	1	3	0.90	10.00	3.4295	3.4295	0.4397	1.5081
Preclean ISO 7	PREC007	1	3	0.90	10.00	3.4295	3.4295	0.5945	2.0389

Preclean ISO 7	PREC011	1	3	0.90	10.00	3.4295	3.4295	0.8390	2.8774
Preclean ISO 7	PREC010	1	1	0.90	20.00	2.2860	2.2860	0.6235	1.4253
Preclean ISO 7	PREC003	1	2	0.90	10.00	1.9800	1.9800	0.7948	1.5737
Preclean ISO 7	MAGG-L6049	53	1	0.90	0.32	0.0370	1.9609	0.4476	0.8777
Preclean ISO 7	PREC004	1	1	0.90	10.00	1.1430	1.1430	0.4060	0.4641
Preclean ISO 7	PREC005	1	1	0.90	10.00	1.1430	1.1430	0.4319	0.4936
Preclean ISO 7	PREC011	1	1	0.90	10.00	1.1430	1.1430	0.4331	0.4951
Preclean ISO 7	PREC025	1	1	0.90	8.40	0.9601	0.9601	0.5544	0.5323
Preclean ISO 7	PREC001	1	1	0.90	7.00	0.8000	0.8000	0.5089	0.4071
Preclean ISO 7	PREC002	1	1	0.90	7.00	0.8000	0.8000	0.7488	0.5991
Preclean ISO 7	PREC021	1	1	0.90	3.50	0.4000	0.4000	0.5511	0.2205
Preclean ISO 7	PREC022	1	1	0.90	3.50	0.4000	0.4000	0.5977	0.2391
Preclean ISO 7	PREC024	1	1	0.90	3.50	0.4000	0.4000	0.6305	0.2522
Preclean ISO 7	PREC027	1	1	0.90	3.50	0.4000	0.4000	0.4341	0.1737
Preclean ISO 7	PREC028	1	1	0.90	3.50	0.4000	0.4000	0.4354	0.1742
Preclean ISO 7	PREC013	1	2	0.90	10.00	1.9800	1.9800	0.4693	0.9292
Preclean ISO 7	PREC014	1	2	0.90	10.00	1.9800	1.9800	0.7797	1.5438
Preclean ISO 7	PREC015	1	2	0.90	10.00	1.9800	1.9800	0.7685	1.5216
Preclean ISO 7	PREC016	1	2	0.90	10.00	1.9800	1.9800	0.5513	1.0916
Preclean ISO 7	PREC017	1	2	0.90	10.00	1.9800	1.9800	0.4348	0.8609
Preclean ISO 7	PREC018	1	2	0.90	10.00	1.9800	1.9800	0.4887	0.9676
Preclean ISO 7	PREC019	1	1	0.90	2.19	0.2500	0.2500	0.5983	0.1496
Preclean ISO 7	PREC020	1	1	0.90	2.19	0.2500	0.2500	0.6067	0.1517
Preclean ISO 7	PREC023	1	1	0.90	2.19	0.2500	0.2500	0.5215	0.1304
Preclean ISO 7	PREC024	1	1	0.90	1.80	0.2057	0.2057	0.6461	0.1329
Preclean ISO 7	PREC012	1	1	0.90	10.00	1.1430	1.1430	0.5943	0.6793
Preclean ISO 7	PREC029	1	2	0.90	1.26	0.2500	0.2500	0.5103	0.1276
Preclean ISO 7	PREC026	0	1	0.90	8.40	0.9601	0.0000	0.5481	0.0000
RDI-MDF	RDI, MDF	1	3	0.90	65.32	22.4000	22.4000	0.9930	22.2435
SERVIDORES		1	3	0.90	58.32	20.0000	20.0000	0.9942	19.8846

SERVIDORES	HVAC	1	2	0.90	34.99	12.0000	12.0000	0.9997	11.9969
	Chiller rentado	1	3	0.90	600.00	448.9476	448.9476	0.9511	426.9961
	Chiller rentado	1	3	0.90	400.00	299.2984	299.2984	0.9566	286.3238