

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELECTROMECAÁNICA



TRABAJO DIRIGIDO

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN Y
SISTEMA CONTRA INCENDIOS EN EL PROYECTO DEL
TREN METROPOLITANO DE COCHABAMBA

Para la obtención del Grado de Licenciatura en Ingeniería Electromecánica

POR: HORACIO ANTONIO ZUBIETA ALARCÓN
TUTOR INTERNO: ING. JAIME SANCHEZ GUZMÁN
TUTOR EXTERNO: ING. EDUAR ORELLANA ALCAZAR

LA PAZ – BOLIVIA

Agosto, 2024



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERIA**



LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.



A mis padres Carlos y Jeannette, a mi hermana Valeria, a mis tíos y a mi abuela; este logro es tanto suyo como mío.



AGRADECIMIENTOS

A Dios, por darme la voluntad, fuerza, paciencia e inteligencia para superar cada obstáculo en este camino.

A mi papá Carlos, por su vida y por ser el ejemplo de hombre a seguir, por enseñarme fortaleza y determinación para cumplir con cada objetivo en la vida. ¡Lo logré, pá!

A mi mamá Jeannette, por su paciencia y dedicación para enseñarme a caminar con cautela y a paso seguro.

A mi hermana Valeria, por mostrarme un panorama diferente de la vida y siempre estar a mi lado, sin importar la circunstancia.

A mi tía Daniela, quien me apoyó incansablemente para llegar hasta aquí por siempre mostrarme una sonrisa y llenarme de alegría el alma.

A mi familia en general, por su cariño y apoyo incondicional, y por nunca permitir que baje los brazos.

A mi Yelly, quien siempre estuvo ahí, desde el inicio.

A mis amigos, Dani y Tefo, este camino no habría sido divertido sin ellos.

Al Ing. Jaime Sanchez, por mostrarme una faceta diferente de lo que es la ingeniería y que no hay límites para lo que uno quiere hacer.

Al Ing. Eduar Orellana, por darme la oportunidad de formar parte de su equipo y ofrecerme una mano como amigo.



TABLA DE CONTENIDO

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
ÍNDICE TEMÁTICO.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE TABLAS	x
RESUMEN	xi

ÍNDICE TEMÁTICO

1. CAPÍTULO I	1
ASPECTOS GENERALES.....	1
1.1. Introducción	1
1.2. Antecedentes	1
1.2.1. Grupo JOCA (Grupo URBAS).....	1
1.2.2. Molinari Rail AG	2
1.2.3. Proyecto “Tren Metropolitano de Cochabamba”.....	2
1.3. Planteamiento del problema	4
1.3.1. Identificación del problema	4
1.3.2. Formulación del problema	5
1.4. Objetivos	5



1.4.1.	Objetivo General.....	5
1.4.2.	Objetivos Específicos	6
1.5.	Justificación.....	6
1.5.1.	Justificación Técnica.....	6
1.6.	Justificación Social.....	6
1.7.	Justificación Económica.....	7
1.8.	Alcance.....	8
1.9.	Delimitación.....	9
2.	CAPÍTULO II.....	10
	FUNDAMENTO TEÓRICO	10
2.1.	Climatización	10
2.1.1.	Sistemas de climatización de expansión directa.....	10
2.1.2.	Sistemas de climatización de expansión indirecta	11
2.1.3.	Sistema de climatización VRV	12
2.2.	Sistemas Contra Incendios (SCI)	15
2.2.1.	Sistema de Detección y Alarma (SDA)	16
2.2.2.	Tipos de Sistemas contra Incendios.....	16
2.2.3.	Normas NFPA.....	20



3. CAPÍTULO III	21
INGENIERÍA DEL PROYECTO	21
3.1. Ingeniería del Proyecto	21
3.1.1. Climatización y Ventilación	22
3.1.2. Sistema de Protección Contra Incendios	37
3.2. Implementación de los Sistemas.	48
3.2.1. Sistema de Climatización y Ventilación	49
3.2.2. Sistema Contra Incendios	66
4. CAPÍTULO IV.....	85
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	85
4.1. Conclusiones	85
4.2. Recomendaciones.....	86
REFERENCIAS.....	87
ANEXOS.....	89
ANEXO 1. Convenio Interinstitucional	
ANEXO 2. Informe Final del Tutor Externo	
ANEXO 3. Cronograma de ejecución SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN	
ANEXO 4. Cronograma de ejecución SISTEMA CONTRA INCENDIOS	



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tren Metropolitano de Cochabamba	3
Figura 2. Línea de tiempo del Proyecto “Tren Metropolitano de Cochabamba”	4
Figura 3. Comparación de consumo energético entre tres sistemas	7
Figura 4. Sistema de expansión indirecta	11
Figura 5. Sistema VRV.....	12
Figura 6. Distribución de calor y frio según la demanda.....	13
Figura 7. Sistema VRV de 3 tubos.	14
Figura 8. Instalación línea de succión frigorífica	30
Figura 9. Esquema de Principio Grupo Presión del Sistema de Protección Contra Incendio	45
Fuente: DSP -AAT.....	45
Figura 10. Esquema de principio etapa de filtrado	47
Figura 11. Ejemplo sistema gas NOVEC	47
Figura 12. Split montado en la pared.....	49
Figura 13. Tubo corrugado de drenaje de Split.....	50
Figura 14. Montaje de Cassette en techo	51
Figura 15. Tubería de cobre – Red de tuberías de climatización.....	51
Figura 16. Montaje de Cassette en techo	52



Figura 17. Cassette montado en techo	52
Figura 18. Preparación de Unidad Externa para montaje en cubierta.....	53
Figura 19. Unidad Externa ubicada en la cubierta del edificio.....	53
Figura 20. Tubería de cobre con chaqueta NBR.....	54
Figura 21. Cassettes 4 vías instalados en Estación Central	55
Figura 22. Split montado en apeadero	55
Figura 23. Unidad Externa Apeaderos Línea Roja.....	56
Figura 24. Cassettes y sus tapas almacenadas en la estación.....	56
Figura 25. Cassette montado en techo	57
Figura 26. Split montado en Cuarto de Enclavamiento	57
Figura 27. Condensador Montado en el exterior del Cuarto de Enclavamiento.....	58
Figura 28. Splits montados en la planta baja – Edificio Administrativo	58
Figura 29. Splits montados en sala de monitoreo de OCC	59
Figura 30. Cassettes 360° Samsung.....	59
Figura 31. Split instalado en apeadero Línea Verde.....	61
Figura 32. Cassette instalado en tienda de Estación Municipal.....	61
Figura 33. Cassette instalado en oficina del Nave Principal de TyC.....	62
Figura 34. Cassette esbelto montado en oficina de Administrador de EM.....	62



Figura 35. Diagrama de instalación de la Estación Municipal Colcapirhua.....	63
Figura 36. Preparación de Unidad Externa para montaje en cubierta.....	64
Figura 37. Computadora interna de la Unidad Externa de climatización.....	64
Figura 38. Rejillas de ventilación en baños	65
Figura 39. Extractor de ventilación.....	65
Figura 40. Distribución de extintores en EM Agronomía	66
Figura 41. Personal de FANACIM pegando señalización de ubicación de Extintor	67
Figura 41. Extintor en apeadero de Línea Roja	67
Figura 43. Distribución de extintores en cada tren	68
Figura 44. Extintor de 4Kg instalado en Tren	68
Figura 45. Toma de bomberos	69
Figura 46. Red de tuberías del Sistema Contra Incendios	70
Figura 47. Construcción del tanque de agua para la red de extinción a base de agua	70
Figura 48. Diseño y simulación de la estructura del tanque	71
Figura 49. Raisers instalados en el semisótano de la Estación Central	71
Figura 50. Cuarto de bombas en proceso de instalación.....	72
Figura 51. Rociador de agua instalado en Estación Central	72
Figura 52. Manguera de incendios.....	73



Figura 53. Dispositivo de alarma sonora	73
Figura 54. Dispositivo de alarma sonora con luz estroboscópica.....	74
Figura 55. Pulsador manual de doble acción	74
Figura 56. Detector de humo	75
Figura 57. Extintores en el taller de Talleres y Cocheras	75
Figura 58. Extintores en el taller de Talleres y Cocheras	76
Figura 59. Tanque de agua potable de 150m ³	76
Figura 60. Conexión entre el tanque y el Cuarto de Bombas	77
Figura 61. Cuarto de Bombas	77
Figura 62. Rociador de agua instalado en Estación Municipal.....	78
Figura 63. Dispositivos de Alarma Sonora en Estación Municipal	78
Figura 64. Dispositivos de alarma en Estación Municipal	79
Figura 65. Diseño de instalación NOVEC 1230.....	80
Figura 66. Componentes principales del sistema NOVEC 1230.....	80
Figura 67. Red de agua en Almacén de Taller.....	81
Figura 68. Sistema FIRE PRO	81
Figura 69. Caja contenedora del agente del Sistema FIRE PRO	82
Figura 70. Panel de control HCVR-3.....	82



Figura 71. Instalación de la red de F500 en Almacén de Inflamables	83
Figura 72. Panel de Control Kidde VM-Series	84

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Abreviaturas.....	21
Tabla 2. Refuerzo para ductos rectangulares	33
Tabla 3. Tabla 5-1 del SMACNA - Tamaños ductos HVAC	34
Tabla 4. Distancia colgadores de ductos.....	35



RESUMEN

El presente trabajo describe la implementación de sistemas de climatización y sistemas contra incendios en el proyecto del Tren Metropolitano de Cochabamba, explicando superficialmente los criterios de diseño para las condiciones que exigen las instalaciones y los sistemas ferroviarios y no ferroviarios y las condiciones ambientales de los diferentes ambientes del proyecto. Para los sistemas de Climatización, se optó por un sistema de Volumen de Refrigerante Variable (VRV), adecuado para grandes infraestructuras, como las del Tren Metropolitano. La instalación del sistema VRV incluyó el montaje de unidades exteriores e interiores, la interconexión mediante tuberías de refrigerante, y la instalación de cassettes de 360° para asegurar una distribución uniforme del aire acondicionado. Para los Sistemas Contra Incendios, además del sistema de detección y alarma y los sistemas de rociadores, se instalaron sistemas especializados, como el agente encapsulador F500 y el sistema NOVEC 1230. Las pruebas de estos sistemas confirmaron su capacidad para detectar y combatir incendios rápidamente, cumpliendo con las normas nacionales e internacionales.

SUMMARY

This work describes the implementation of air conditioning and fire protection systems in the Cochabamba Metropolitan Train project, providing a superficial explanation of the design criteria for the conditions required by both the railway and non-railway facilities, as well as the environmental conditions of the various project environments. For the air conditioning systems, a Variable Refrigerant Flow (VRF) system was chosen, which is suitable for large infrastructures like those of the Metropolitan Train. The installation of the VRF system included the assembly of outdoor and indoor units, interconnection through refrigerant piping, and the installation of 360° cassettes to ensure even distribution of air conditioning. For the Fire Protection Systems, in addition to the detection and alarm system and sprinkler systems, specialized systems were installed, such as the F500 encapsulating agent and the NOVEC 1230 system. Tests of these systems confirmed their ability to quickly detect and combat fires, complying with national and international standards.



1. CAPÍTULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1. Introducción

En la ciudad de Cochabamba, se ha puesto en ejecución la construcción del Tren Metropolitano, el cual trae consigo la construcción de todo un conjunto de edificios, los cuales serán usados para diferentes actividades, como labores administrativas, operativas, comerciales, etc. Estos edificios están distribuidos de la siguiente manera: Estación Central, Talleres y Cocheras, Edificio Administrativo y 5 Estaciones Municipales; cubriendo en total una extensión aproximada de más de 4000 m², entre plantas bajas y primeros pisos. Una superficie muy extensa la cual requiere un tratamiento detallado para cubrir las necesidades básicas, como exigen las normas nacionales e internacionales.

Las instalaciones del Tren Metropolitano, al ser una construcción completamente nueva, no cuentan con ningún sistema de servicio básico (agua, electricidad, gas); así mismo, tampoco cuenta con un sistema encargado de regular los niveles de temperatura y humedad al interior de cada espacio, ni tampoco, un sistema encargado del control de incendios.

1.2. Antecedentes

El proyecto de construcción y desarrollo de ingeniería se halla en manos de la Asociación Accidental Tunari, formada por JOCA y MOINARI RAIL AG.

1.2.1. Grupo JOCA (Grupo URBAS)

El GRUPO JOCA es un grupo español de ingeniería y construcción que opera en diferentes líneas de negocio de forma diversificada y que actualmente cuenta con presencia operativa en 7 países: España, Portugal, Panamá, Colombia, Perú, Bolivia y



Ecuador. Inicialmente fue parte del Grupo ICADI, pero desde el 2022 forma parte de Grupo URBAS.

El conglomerado de empresas que conforman el GRUPO JOCA está encabezado por JOCA INGENIERÍA Y CONSTRUCCIONES que desarrolla su actividad desde hace más de 40 años en los sectores de obra civil, ciclo integral del agua, edificación dotacional, residencial e industrial, infraestructuras de gas y operación y mantenimiento de infraestructuras.

1.2.2. Molinari Rail AG

Como empresa tecnológica de tamaño medio, gestionada por sus propietarios y con raíces suizas, Molinari Rail ofrece soluciones personalizadas para la industria mundial del material rodante. Apoyando a sus clientes en el diseño y el desarrollo de vehículos y subsistemas, así como en la certificación, la puesta en marcha, el mantenimiento y la modernización de los vehículos. Sus clientes son operadores ferroviarios, fabricantes de material rodante y empresas de construcción, así como bancos, empresas de leasing y autoridades nacionales e internacionales.

Como proveedor de servicios internacional, independiente y especializado en el sector ferroviario, Molinari ha acumulado una gran experiencia en este ámbito y colabora activamente con todas las empresas y organizaciones relevantes del sector. La metodología y el procedimiento industrial utilizados en Molinari son holísticos y están orientados al desarrollo sostenible de los proyectos y clientes.

1.2.3. Proyecto “Tren Metropolitano de Cochabamba”

El proyecto comenzó en agosto del 2018, cuando el expresidente Evo Morales, junto con Grupo JOCA y Molinari Rail AG, inauguraban el inicio de las obras del metropolitano de Cochabamba. El primer tren eléctrico del país será construido por un consorcio liderado por la empresa española JOCA junto a la empresa suiza Molinari Rail con el nombre Asociación Accidental Tunari.

El Tren ecológico de Cochabamba, un tren que cubrirá el 70% de esa extensión, por lo que se calcula que podría trasladar a diario entre 70.000 y 140.000 pasajeros. En rasgos generales, el tren metropolitano de Cochabamba alcanzará los 80 km/hora, tendrá una extensión de 42 kilómetros atravesando seis municipios y contará con 43 estaciones y apeaderos de pasajeros. Cada tren contará con una capacidad de 200 pasajeros.

Figura 1. Tren Metropolitano de Cochabamba



Fuente: Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda

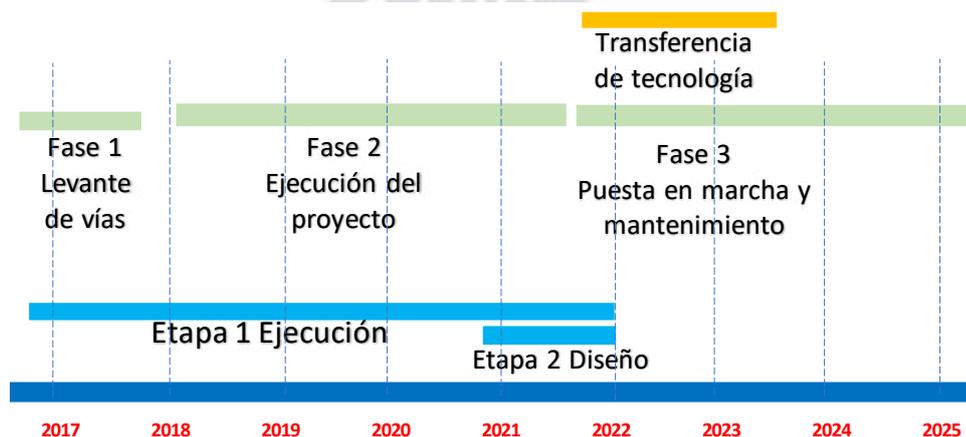
i) Fases del proyecto

El proyecto fue planteado bajo la modalidad de Llave en Mano, en un contrato entre la Asociación Accidental Tunari y el Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda (MOPSV), el cual consta de 3 fases detalladas a continuación:

- a) *Fase 1: Elaboración del Estudio de Pre-Inversión y actividades previas.* Entre las actividades previas, se considera el levantamiento de las rieles y durmientes de la vía antigua que fue parte de la red ferroviaria nacional.
- b) *Fase 2: Construcción, Control de Calidad y Pruebas de Funcionamiento.* Esta fase contempla la instalación de todos los sistemas necesarios para el funcionamiento óptimo del tren, tanto en el campo ferroviario como en el campo no ferroviario: Infraestructura, vía en placa, electrificación, señalización, comunicación, sistemas especiales, equipamiento de taller y material rodante.

- c) *Fase 3: Puesta en Marcha, Conservación y Mantenimiento.* Posterior a la prueba de funcionamiento, el proyecto inicia la puesta en marcha, lo cual se halla conformado por 5 componentes: Operación, Transferencia de Tecnología, Mantenimiento, Garantía y Asistencia Operacional. La Operación será realizada por la Empresa Estatal Mi Tren, sin embargo, los otros 4 componentes están a cargo por la AAT durante un periodo de 3 años desde la entrega de cada tramo.

Figura 2. Línea de tiempo del Proyecto “Tren Metropolitano de Cochabamba”



Fuente: AAT

1.3. Planteamiento del problema

1.3.1. Identificación del problema

El proyecto de construcción del Tren Metropolitano de Cochabamba no sólo involucra construcción ferroviaria, sino que contempla la construcción de un complejo de edificios, tanto administrativos como comerciales. Estos se hallan distribuidos estratégicamente en función a la necesidad. Estos se distribuyen de la siguiente manera:

- Estación Central: Cuenta con el edificio principal denominado *Estación Central San Antonio*; los edificios de Talleres y Cocheras que incluye *el Edificio Administrativo, Nave Principal, Nave de Inspección, Almacén de Taller y Almacén de Inflamables.*

- Estaciones Municipales: Ubicadas en puntos estratégicos de alta concurrencia.
- Apeaderos o Paradas: Edificaciones simples que son diseñados para albergar equipos de distribución y monitoreo de señal de los sistemas ferroviarios, distribuidos a lo largo de la vía en placa.

Estas instalaciones albergarán, en su mayoría, personal que realizará trabajos administrativos y de atención al usuario. Por lo que, al ser construcciones completamente nuevas, requieren la instalación de los servicios básicos (agua, electricidad, gas). Así mismo, es necesario instalar sistemas especiales encargados, tanto de regular los niveles de temperatura y humedad al interior de cada espacio, como de ofrecernos protección en caso de incendios. Todo esto con el fin de ofrecer un ambiente cómodo y seguro para el desempeño de sus funciones, además, de proteger los elementos más delicados de los sistemas principales ferroviarios, los cuales deben permanecer en funcionamiento constante sin comprometer este servicio de transporte ferroviario.

1.3.2. Formulación del problema

En base a los problemas planteados se debe realizar la siguiente pregunta:

¿Cómo se pueden adecuar las instalaciones del Tren Metropolitano de Cochabamba, para que ofrezcan un ambiente cómodo y seguro para el desarrollo de funciones de los operadores y los usuarios del tren, además de ser un ambiente seguro para el funcionamiento óptimo de los componentes de control distribuidos en cada edificio?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

- Implementar los sistemas de climatización y sistema contra incendios para cada edificio del Tren Metropolitano de Cochabamba.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Supervisar la instalación correcta de cada componente para los sistemas según se haya diseñado.
- Garantizar un ambiente confortable y seguro para los usuarios.
- Garantizar un ambiente seguro para el funcionamiento correcto de los equipos especializados y el almacenamiento de sustancias inflamables.
- Cumplir con las exigencias estandarizadas por las normas nacionales e internacionales de climatización, ventilación y sistemas contra incendios.
- Validar los sistemas instalados.

1.5. Justificación

1.5.1. Justificación Técnica

Este proyecto se desarrolla con la intención de implementar un sistema de Volumen de Refrigerante Variable VRV o VRF (por su siglas en inglés “Variable Refrigerant Flow”), el cual es un sistema multi-split de expansión directa, en el que cada unidad interior opera individualmente según la demanda de temperatura, manejando las condiciones climatológicas normalizadas de los espacios que serán ocupados por trabajadores y usuarios, en base a los valores de temperatura de confort ($T = 21\sim 24\text{ }^{\circ}\text{C}$) y de humedad relativa del aire ($\text{HR} = 50\%$). Esta tecnología no sólo adapta el consumo energético a la demanda, sino que además es capaz de variar la cantidad de refrigerante que se envía a las unidades interiores en función de la regulación de temperatura de cada una de ellas.

1.6. Justificación Social

Un sistema de climatización en las instalaciones del Tren metropolitano de Cochabamba ofrecerá un ambiente confortable, tanto para trabajadores como para usuarios. Asimismo, mantendrá la circulación de aire de manera constante, lo cual ofrecerá un espacio con aire más limpio, garantizando un espacio libre de

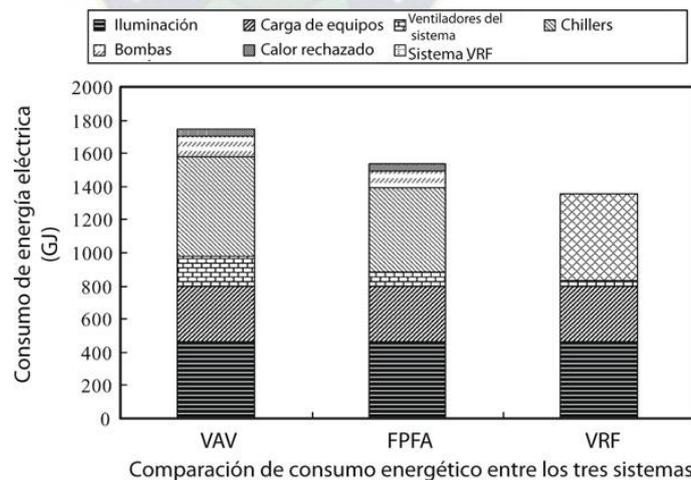
contaminantes. Los equipos utilizados para la climatización estarán sujetos a un plan de mantenimiento, lo cual garantizará un funcionamiento óptimo y constante.

1.7. Justificación Económica

La mayor parte de la demanda energética está asociada con el acondicionamiento de ambientes interiores. Se estima que los equipos de climatización consumen 50% de la energía total de una edificación. Reducir su uso es primordial para aminorar costos y emisiones de CO₂ al ambiente. (Diego Sámano)

Puesto que lo que menciona Sámano es un hecho inevitable, la elección del sistema VRF (o VRV) que se instalará en el Tren Metropolitano, se justifica al ofrecer mayor ahorro energético, mayor eficiencia y, de esta manera, menor costo. Como se puede observar en la Figura 1, una simulación del software Energy Plus muestra una comparación entre los sistemas más eficientes: Variación de Volumen de Aire (VAV), Sistema de Fan & Coil y Aire Fresco (FPFA), y Volumen de Refrigerante Variable (VRF).

Figura 3. Comparación de consumo energético entre tres sistemas



Fuente: Desempeño de los distintos sistemas de acondicionamiento de aire - www.mundohvac.com.mx

Esta evaluación demostró que el sistema VRF consume 22% menos energía que un sistema VAV, y 11,7% menos que un sistema FPFA.



1.8. Alcance

Este proyecto se desarrolla con la intención de implementar un sistema de climatización de Volumen de Refrigerante Variable VRV o VRF (por su siglas en inglés “Variable Refrigerant Flow”), el cual es un sistema multi-split de expansión directa, en el que cada unidad interior opera individualmente según la demanda de temperatura, manejando las condiciones climatológicas normalizadas de los espacios que serán ocupados por trabajadores y usuarios, en base a los valores de temperatura de confort ($T = 21\sim 24\text{ }^{\circ}\text{C}$) y de humedad relativa del aire ($HR = 50\%$). Esta tecnología no sólo adapta el consumo energético a la demanda, sino que además es capaz de variar la cantidad de refrigerante que se envía a las unidades interiores en función de la regulación de temperatura de cada una de ellas.

Un sistema de climatización en las instalaciones del Tren metropolitano de Cochabamba ofrecerá un ambiente confortable, tanto para trabajadores como para usuarios. De igual manera, mantendrá la circulación de aire de manera constante, lo cual ofrecerá un espacio con aire más limpio, garantizando un espacio libre de contaminantes. Los equipos utilizados para la climatización estarán sujetos a un plan de mantenimiento, lo cual garantizará un funcionamiento óptimo y constante.

Además busca implementar un sistema contra incendios cumpliendo con las exigencias de las normas internacionales NFPA:

- NFPA 1, Código de Incendios.
- NFPA 13, Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores.
- NFPA 14, Norma para la Instalación de Sistemas de Montantes y Mangueras.
- NFPA 20, Norma para la Instalación de Bombas Estacionarias para Protección de Incendios.
- NFPA 24, Norma para la Instalación de Tuberías para Servicio Privado de Incendios y sus Accesorios.
- NFPA 72, Código Nacional de Alarmas de Incendio y Señalización.



- NFPA 130, Norma para Sistemas de Tránsito sobre Rieles Fijos y Sistemas de Transporte Ferroviario de Pasajeros.

También, cumple con el reglamento boliviano del Sistema de Prevención y Protección Contra Incendios – SIPPPI.

El sistema contra incendios proveerá un espacio seguro para los usuarios y trabajadores, preparado para resguardar la vida y proteger los sistemas más importantes encargados de hacer efectivo el transporte de la gente a lo largo del recorrido del tren.

1.9. Delimitación.

Este trabajo dirigido contempla los siguientes campos:

- Diseño de los sistemas de climatización y ventilación en base al método de Series Temporales Radiantes RTSM.
- Implementación del sistema de climatización.
- Diseño de la red de agua para bocas de bomberos e hidrantes.
- Diseño de un sistema contra incendios compuesto por: Sistema de detección y alarma, sistema de extinción en base a agua, sistema Fire Pro, sistema NOVEC 1230, sistema F500.
- Implementación del sistema contra incendios.

2. CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1. Climatización

A efectos del Reglamento de Instalaciones Térmicas de la Edificación (RITE) se define como climatización la acción y el efecto de climatizar, es decir, el dotar a un espacio cerrado de las condiciones de temperatura, humedad relativa, calidad del aire y, a veces, también de presión, necesarias para el bienestar de las personas y/o la conservación de las cosas.

En la producción de climatización es imprescindible generar calefacción y refrigeración, proceso comúnmente conocido como "aire acondicionado". Calefacción como el proceso por el que se controla solamente la temperatura del aire de los espacios con carga negativa. Refrigeración como el proceso que controla solamente la temperatura del aire de los espacios con carga positiva.

En el momento de decidir entre los equipos de climatización, debemos estudiar detenidamente las posibilidades existentes atendiendo a las demandas energéticas necesarias.

2.1.1. Sistemas de climatización de expansión directa

Los equipos de expansión directa son aquellos que directamente enfrían el aire. Entre ellos se incluyen:

- Equipos partidos o *split*
- Compactos verticales
- Compactos horizontales
- Equipos de cubierta o *Rooftop*
- Sistemas VRF o VRV (equipos multizona con unidades interiores).

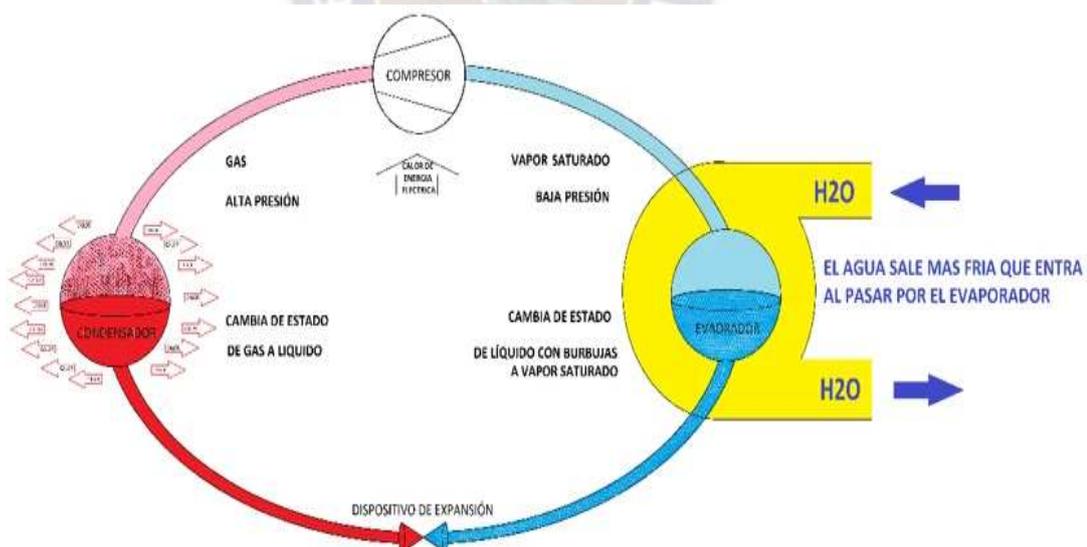
En todos estos sistemas desplazamos refrigerante a las zonas a climatizar, donde producimos un transvase de calor (del o hacia el refrigerante).

La principal ventaja de los VRV o VRF es la alta eficiencia que alcanzan en las estaciones más suaves (primavera y otoño) en las que es muy fácil necesitar simultáneamente refrigeración y calefacción, al tener la posibilidad de recuperar calor de las zonas habitadas más calientes hacia las más frías con el trabajo de un solo compresor.

2.1.2. Sistemas de climatización de expansión indirecta

Los sistemas de expansión indirecta son los equipos que más control y facilidad tienen para el monitoreo higrométrico. En ellos, se hace circular un fluido caloportador, normalmente agua, en ocasiones glicolada. Por ello se les llama enfriadoras de agua, con bomba de calor, o con recuperación de calor.

Figura 4. Sistema de expansión indirecta



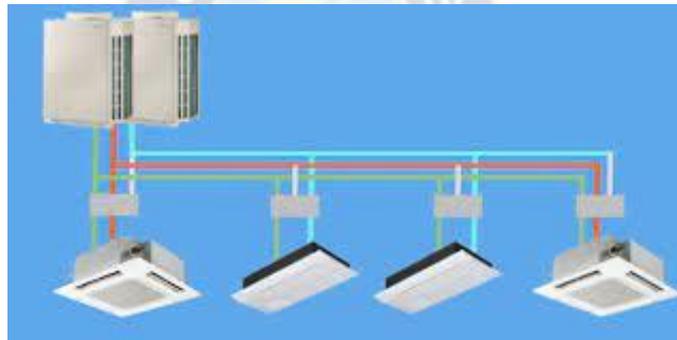
Fuente: Climatización - www.caloryfrio.com

Las enfriadoras de agua a menudo se utilizan en combinación con calderas. Ello permite establecer circuitos a cuatro tubos (dos para agua fría y dos para agua caliente) para poder eliminar el exceso de humedad utilizando para su regulación controles higrométricos.

2.1.3. Sistema de climatización VRV

El sistema de Volumen de Refrigerante Variable (VRV), o también Variable Refrigerant Flow (VRF) en inglés, es un sistema que permite climatizar de manera individual amplios espacios con muchas instancias. Permite regular el caudal de flujo de refrigerante que se envía desde una misma unidad exterior a distintas unidades interiores utilizando la tecnología Inverter de los compresores y las válvulas de expansión electrónicas adaptándose a la demanda de cada unidad interior.

Figura 5. Sistema VRV.



Fuente: Sistema VRV – www.caloryfrio.com

El VRV se compone de una unidad exterior que se sitúa en la azotea del edificio y que se conecta por medio de tubos de cobre a muchas unidades interiores ubicadas dentro del local. Existen sistemas de VRV de dos tubos que solo generan frío o calor, pero no ambos a la vez; y de tres tubos, capaces de proporcionar frío y calor al mismo tiempo.

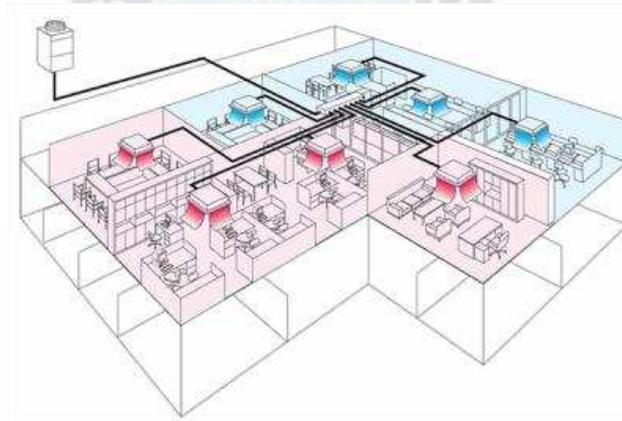
El VRV fue inventado por Daikin en 1982 como una versión mejorada de los sistemas de aire acondicionado multi-split. Actualmente, tiene gran popularidad en grandes superficies debido a su capacidad de modulación individual de cada aparato interior y a la nueva tecnología de recuperación de calor.

a) Funcionamiento del sistema VRV

El funcionamiento del VRF es bastante similar al de cualquiera de los tipos de aire acondicionado tradicionales: un gas refrigerante (normalmente gas R32) es sometido a cambios de presión y, con ello, de temperatura para absorber el calor del aire de la sala y expulsarlo al exterior y, al contrario, si trabaja en modo calor.

El sistema VRV cuenta con una unidad exterior (en la que se encuentra el compresor y el condensador), unas tuberías de cobre por donde circula el gas refrigerante y varias unidades interiores (que contienen la válvula de expansión y el evaporador).

Figura 6. Distribución de calor y frío según la demanda.



Fuente: Sistema VRV – www.caloryfrio.com

La gran diferencia con un sistema multi - Split es que el sistema VRV cuenta con una caja de control entre la unidad exterior y las interiores que regula el flujo del refrigerante. Esto lo hace gracias a que los sensores del termostato de las unidades interiores mandan señales a la caja de control según la demanda de calor o frío para que esta regule el refrigerante.

Cuando una de las unidades interiores necesita calor o frío, manda una señal y la caja de control le proporciona refrigerante y, a la vez, el compresor aumenta su velocidad ya que tiene que elevar la presión pues el requerimiento es mayor. Cuando una de las unidades

interiores no necesita más climatización, la caja no le envía refrigerante y se ralentiza el compresor.

Los VRV disponen de un compresor Inverter que modula la velocidad en función de las necesidades de climatización, de esta forma pueden proporcionar la presión idónea independientemente del número de unidades interiores que estén en funcionamiento.

El sistema de 3 tubos tiene la peculiaridad de que permite recuperar el calor. Lo consigue usando el calor que absorbe el refrigerante de las salas donde está en modo frío cuando renueva el aire. Ese calor que absorbe estas salas es usado en las estancias donde se necesita calefacción de forma que la carga del compresor e intercambiador de calor se reduce.

Figura 7. Sistema VRV de 3 tubos.



Fuente: Sistema VRV – www.caloryfrio.com

b) Tipos de VRV

Se clasifican según su unidad exterior:

❖ VRV Axial

Se trata del sistema VRF más convencional, cuyas unidades exteriores expulsan el aire a través de ventiladores axiales, por lo que deben instalarse en la azotea del edificio. Su funcionamiento permite la regulación independiente de las distintas unidades interiores

instaladas en el edificio, así como combinar unidades de diferentes tipologías y potencias. Las unidades exteriores con ventilador axial no tienen presión suficiente para expulsar el aire a través de un sistema con descarga mediante rejilla.

❖ VRV Centrífugo

Es un sistema VRF compacto que no requiere de grandes unidades exteriores en la azotea. El sistema centrífugo permite expulsar el aire, aunque se sitúe detrás de una rejilla, por lo que resulta idóneo para locales comerciales.

Este tipo de sistemas centralizan en un solo aparato la producción energética y un ventilador centrífugo para expulsar el aire del local a la calle. Este aparato viene a sustituir a la unidad exterior, pero queda escondido en un falso techo del local, por lo que no ocupa espacio.

2.2. Sistemas Contra Incendios (SCI)

Se denomina sistema contra incendios al conjunto de medidas diseñadas, dentro del plan de seguridad de cualquier edificio, para minimizar los efectos del fuego en caso de incendio con relación a la protección de las personas ocupantes del edificio y de la propiedad o el inmueble.

El diseño de cualquier sistema de protección contra incendios debe tener en cuenta diversos factores del edificio tales como su ocupación, uso, huella medio ambiental, sistemas e instalaciones de climatización, ventilación, fontanería e iluminación entre otros. El peligro extremo que representan los incendios para un edificio y sus ocupantes requiere un enfoque holístico de los sistemas arquitectónicos, mecánico, un enfoque integrado que incluya las características de todos los sistemas que componen una edificación.

2.2.1. Sistema de Detección y Alarma (SDA)

Los sistemas de Detección de Incendios son sistemas automáticos, cuyos dispositivos, sin intervención humana, son capaces de detectar algún aspecto físico de un incendio inicio de fuego y de comunicarlo de manera automática a una central de control para que se activen las sirenas y puedan tomarse todas las medidas apropiadas, como evacuación del recinto, llamada a servicios de intervención.

La función de un sistema de detección de incendio es la de detectar un incendio en el tiempo más corto posible y emitir las señales de alarma y de localización adecuadas para que puedan adoptarse las medidas apropiadas. La función del sistema de alarma consiste en emitir señales acústicas y/o visuales a los ocupantes de un edificio en el que pudiera existir el riesgo de incendio.

2.2.2. Tipos de Sistemas contra Incendios

Un sistema contra incendios se compone de una amplia cantidad de elementos que intervienen de forma activa en el proceso. No obstante, antes de hablar de dichos elementos es importante determinar los tipos de sistemas contra incendios.

a) Sistemas contra incendios pasivos

La protección contra incendios puede ser de tipo pasiva y activa. El primer sistema de seguridad contra incendios es el pasivo y no interviene directamente en la extinción del fuego. Más bien, su objetivo es velar que los daños y pérdidas inherentes a un incendio sean lo menor posible.

Este tipo de sistema de incendio mejor conocido como PPCI (Protección Pasiva Contra Incendios) es independiente, no está sujeto a elementos móviles ni está conectado a ningún centro de control. Además, no necesitan casi mantenimiento y su implementación es más sencilla.

➤ **Elementos en un sistema contra incendios pasivo:**

Los elementos que intervienen en este tipo de sistema contra incendios son los siguientes:

- Morteros Ignífugos: Material de revestimiento de estructuras que permiten convertir las instalaciones estructurales en material ignífero resistente al fuego.
- Pinturas intumescentes: Estas crean una reacción química en presencia de fuego desencadenando una acción extintora que protege los elementos expuestos.
- Recubrimientos de paredes: existen revestimientos para madera, techos y paredes que le hacen resistentes al fuego.
- Amplitud de los pasillos: es una estrategia que alarga al máximo el tiempo de propagación de un incendio.

Entre las ventajas de este tipo de sistema contra incendio es que son ampliamente usados, de fácil obtención y aplicación. Por regla general, están incorporados en la construcción de hogares y empresas para minimizar los daños que un incendio causa.

b) Sistemas contra incendios activos

Si tenemos una empresa, un local, oficina o vivienda, debe interesarnos contar con un sistema contra incendios activo. En algunos de estos casos es obligatorio, en otros, por la seguridad de resguardar a nuestros seres queridos y bienes materiales.

En los sistemas activos están todos aquellos que pueden alertar sobre la posibilidad de un incendio. Adicionalmente, estos se encargan de poner freno al incendio evitando su propagación. Tal protección activa minimiza los daños asociados que pueda causar un incendio en una empresa.

Entre estos se encuentra el sistema de detección de incendios, con alarmas y sensores que detectan señales de fuego. Asimismo, están los sistemas fijos de extinción, que pueden ser de tubería mojada, seca, de diluvio, pre-acción, etc.

➤ Componentes generales de un sistema contra incendios

Una red contra incendios puede elaborarse implementando uno o más sistemas que trabajen conjuntamente. Los sistemas de alarmas de incendio están compuestos por detectores de humo, de gases, sensores de humedad, palancas de aviso de incendio, sistemas de evacuación por voz, entre otros dispositivos. Su función es alertar rápidamente sobre la premisa de un incendio inminente.

Por otra parte, están los componentes que actúan directamente en controlar y apagar un incendio existente. En este grupo tenemos los sistemas fijos de extinción, extintores, columnas secas y demás elementos que participan activamente.

a) Dispositivos de inicio de alarma contra incendios

Su función es informar que hay un tipo de peligro que puede degenerar en un incendio. Pueden ser manuales, como las palancas y botones de alarma, o automáticos. Este último envía la información al panel de control, el cual activará los dispositivos de notificación.

b) Dispositivos de notificación de alarma de incendio

Al tirar de una palanca iniciadora, o activarse un detector de alarma, los dispositivos de notificación comienzan a alertar. La notificación de alarma son los ruidos que indican la existencia de una emergencia real. De hecho, suelen incluir accesorios como bocinas, campanas, luces estroboscópicas, etc.

c) Panel de control

Es el cerebro de los sistemas de protección contra incendios. Actúa como supervisor y administrador de los dispositivos de alarma y de contingencia de incendios. Tiene la autoridad de accionar y detener rociadores automáticos en las zonas afectadas donde los detectores reportaron alarmas.

d) Fuente de alimentación

Un sistema contra incendios debe estar operativo las 24 horas, los 365 días del año. Para ello debe estar conectado a la fuente de alimentación del edificio. Sin embargo, debe contar con un sistema auxiliar de baterías en caso de que se corte la energía. Dicha fuente de alimentación de respaldo debe ir conectada en el panel de control.

e) Sistema de bombeo contra incendio

Está conformado por el sistema hidroneumático, compuesto por bombas, válvulas, tuberías y otros componentes. Están acoplados a una fuente de agua y su función es mantener, en toda la red de incendio, agua presurizada. El tamaño de las bombas y demás equipos irá de acuerdo con las especificaciones del local donde se instalen.

f) Rociadores o *sprinklers* contra incendios

Los sprinklers contra incendios o rociadores, son un accesorio que forma parte de los sistemas contra incendios más antiguos. Están conectados a tuberías de agua presurizadas y se activan cuando el panel de control alerta sobre un incendio. Descargan una cantidad de agua considerable sobre una amplia área de acción, apagando o controlando el incendio para ser apagado por otros medios.

g) Detectores contra incendios

En este grupo están los detectores de humo, detectores de CO₂, temperatura, humedad, infrarrojos, etc. Se encargan como su nombre sugiere, de detectar un conato de incendio (el fuego en su etapa inicial).

h) Extintores

Son elementos portátiles cargados con diferentes tipos de sustancias capaces de extinguir un incendio. Hay de varios tipos dependiendo del tipo de fuego, entre ellos de polvo químico, CO₂, especiales para fuego de tipo D e incluso de fuego tipo K para grasa



vegetal. Es importante que su mantenimiento se encuentre al día para su correcto funcionamiento.

2.2.3. Normas NFPA.

NFPA son las siglas del inglés *National Fire Protection Association*, en español Asociación Nacional de Protección contra el Fuego. Una organización mundial que se fundó en el año 1896 y que tiene como objetivo difundir información y conocimientos para proteger a las personas, las propiedades materiales y el medio ambiente del fuego. Para llevar a cabo su labor ha desarrollado una serie de códigos y normas conocidas como las normas NFPA, que son referencia a nivel internacional en protección contra incendios.

La NFPA ha elaborado un amplio listado con cientos de normas relativas a la seguridad contra incendios, cada una de ellas aplicada a un aspecto diferente. Por ejemplo, la **NFPA 30** se encarga de cuidar el almacenamiento, manejo y uso de los líquidos inflamables y los combustibles; la **NFPA 130** ha sido ideada para los sistemas de tránsito sobre rieles fijos y sistemas de transporte ferroviario de pasajeros, tanto superficiales como subterráneos o elevados; y el manual **NFPA 20** se aplica a las bombas de incendio estacionarias y los sistemas de tuberías verticales.

3. CAPÍTULO III

INGENIERÍA DEL PROYECTO

3.1. Ingeniería del Proyecto

Tabla 1. Abreviaturas

TMC	Tren Metropolitano de Cochabamba
AAT	Asociación Accidental Tunari
MOPSV	Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda
UTF	Unidad Técnica Ferroviaria
VRV, VRF	Volumen de Refrigerante Variable
UE	Unidad Externa
UI	Unidad Interna
SMACNA	Asociación Nacional de Contratistas de Chapa y Aire Acondicionado
TYC	Talleres y Cocheras
SCI	Sistema Contra Incendios
SDA	Sistema de Detección y Alarma
MT	Media Tensión

Fuente: Elaboración propia

Para la ejecución del proyecto Tren Metropolitano de Cochabamba, el MOPSV presentó un documento denominado DOCUMENTO DE SOLICITUD DE PROPUESTA o DSP, a lo cual la AAT respondió con una propuesta que indica el procedimiento de ejecución de dicho proyecto, además de los cálculos financieros y administrativos. Este DSP, cuenta con varios documentos entre los cuales el *Documento 4. Especificaciones Técnicas* detalla los sistemas que componen este proyecto.

Entre estos, para fines de este Trabajo Dirigido, citamos los siguientes:

3.1.1. Climatización y Ventilación

i) Materiales clima y ventilación

Los siguientes son la lista de equipos necesarios para completar la instalación de climatización y ventilación de los edificios que comprenden las instalaciones del Tren Metropolitano de Cochabamba en Bolivia. Estos equipos son basados en equipos existentes y sirven solo de referencia. Para las instalaciones, se han considerado equipos de tecnología VRF (Flujo Refrigerante Variable) los cuales tienen una eficiencia energética mucho mayor que los sistemas antiguos de refrigeración por chiller y, además, tiene costos de mantenimiento e instalación menores. El diseño puede variar considerando disponibilidad de los equipos. A continuación, se presenta una serie de listas con la descripción técnica de los equipos a usar:

➤ Unidades Exteriores:

Ud. Exterior 28KW-Frigorífica, 31.5KW - Calefacción:

Ud. Exterior de sistema de caudal de refrigerante variable con recuperación de calor 380-415V/50Hz.

Potencia frío: 28.000 KW.

Potencia calor: 31.500 KW.

Consumo refrigeración: 7,72 KW.

Consumo calefacción: 7,83 KW.

Caudal: 11.100m³/h

Nivel Sonoro: 57 dB (A).

Fluido Refrigeración: R410a

Ud. Exterior 33.5KW-Frigorífica, 37.5KW - Calefacción:

Ud. Exterior de sistema de caudal de refrigerante variable con recuperación de calor 380-415V/50Hz.

Potencia frío: 33,5 KW.

Potencia calor: 37,5 KW.

Consumo refrigeración: 9,57 Kw.

Consumo calefacción: 9,58 Kw.

Caudal: 11.100m³/h

Nivel Sonoro: 59 dB (A).

Fluido Refrigeración: R410a

Ud. Exterior 40KW-Frigorífica, 45KW-Calefacción:

Ud. Exterior de sistema de caudal de refrigerante variable con recuperación de calor 380-415V/50Hz.

Potencia frío: 40 KW.

Potencia calor: 45 KW.

Consumo refrigeración: 11,39 KW.

Consumo calefacción: 12,47 KW.

Nivel Sonoro: 60 dB (A).

Fluido Refrigeración: R410a

Conexión Líquido: 3/8"

Conexión Gas: 5/8"

Ud. Exterior tipo BC 12.5KW-Frigorífica, 14KW-Calefacción:

Equipo bomba de calor 230V/50Hz

Potencia frío: 12,5 KW.

Potencia calor: 14,0 KW.

Caudal de aire: 6600 m³/h.

Nivel sonoro ud. interior: 33 dB(A).

Nivel sonoro ud. exterior: 55 dB(A).

Fluido Refrigeración: R410a

Conexión Líquido: 3/8"

Conexión Gas: 5/8"

Ud. Exterior tipo BC 14KW-Frigorífica, 16KW-Calefacción:

Equipo bomba de calor 230V/50Hz

Potencia frío: 14 KW.

Potencia calor: 16 KW.

Caudal de aire: 6600 m³/h.

Nivel sonoro ud. interior: 33 dB(A).

Nivel sonoro ud. exterior: 55 dB(A).

Fluido Refrigeración: R410a

Conexión Líquido: 3/8"

Conexión Gas: 5/8"

Ud. Exterior tipo BC 15,5KW-Frigorífica, 18KW-Calefacción:

Equipo bomba de calor 230V/50Hz

Potencia frío: 15,5 KW.

Potencia calor: 18 KW.

Caudal de aire: 6600 m³/h.

Nivel sonoro ud. interior: 33 dB(A).

Nivel sonoro ud. exterior: 55 dB(A).

Fluido Refrigeración: R410a

Conexión Líquido: 3/8"

Conexión Gas: 5/8"

Ud. Exterior tipo BC 22.4KW-Frigorífica, 25KW-Calefacción:

Equipo bomba de calor 400V/50Hz trifásica

Potencia frío: 22,4 KW.

Potencia calor: 25,0 KW.

Caudal de aire: 8340 m³/h.

Nivel sonoro ud. interior: 33 dB(A).

Nivel sonoro ud. exterior: 55 dB(A).

Fluido Refrigeración: R410a

Conexión Líquido: 3/8"

Conexión Gas: 3/4"

➤ **Unidades Interiores:**

Ud. Interior CASSETTE 4 vías 5,8KW-Frigorífica/6,5KW-Calefacción:

Ud. interior de sistema de caudal de refrigerante variable tipo CASSETTE 4 vías

Potencia frío: 5,8 KW.

Potencia calor: 6,5 KW.

Consumo: 0,05 KW.

Caudal de aire: 720/780/840/960 m³/h.

Nivel Sonoro: 27/28/30/31 dB(A).

Ud. Interior CASSETTE 4 vías 2,2KW-Frigorífica/2,5KW-Calefacción:

Ud. interior de sistema de caudal de refrigerante variable tipo CASSETTE 4 vías

Potencia fría: 2,2 KW.

Potencia calor: 2,5 KW.

Consumo: 0,05 KW.

Caudal de aire: 660/720/780/840 m³/h.

Nivel Sonoro: 27/28/29/31 dB(A).

Ud. Interior CASSETTE 4 vías 4,5KW-Frigorífica/5,0KW-Calefacción:

Ud. interior de sistema de caudal de refrigerante variable tipo CASSETTE 4 vías

Potencia frío: 4,5 KW.

Potencia calor: 5,0 KW.

Consumo: 0,05 KW.

Caudal de aire: 720/780/840/960 m³/h.

Nivel Sonoro: 27/28/30/31 dB(A).

➤ **Unidades de Control de HVAC**

- Ud. Control remoto

Control remoto con programador semanal de las siguientes características:

- Control de ON/OFF, modo de funcionamiento, temperatura de consigna, velocidad de ventilador y dirección caudal de aire.
 - Incluye sonda de temperatura que puede sustituir la del retorno de la unidad interior.
 - Visualización de códigos de avería.
 - Función autodiagnóstico.
- Ud. Control remoto de Sistema

Control remoto para gestión central, permite controlar hasta 50 grupos de unidades interiores, temperatura de consigna, velocidad del ventilador y dirección del aire.

ii) Elementos de Climatización

Tubo de cobre frigorífico flexible 1/4":

Tubo de cobre 1/4" de fabricación especial para instalaciones frigoríficas, acabado espejo y deshidratado con calidad y grueso de pared normalizado. Incluye aislamiento Clasificación al fuego= M1.

Tubo de cobre frigorífico flexible 1/2":

Tubo de cobre 1/2" rígido de fabricación especial para instalaciones frigoríficas, acabado espejo y deshidratado con calidad y grueso de pared normalizado. Incluye aislamiento Clasificación al fuego= M1.

Tubo de cobre frigorífico rígido 3/4":

Tubo de cobre 3/4" rígido de fabricación especial para instalaciones frigoríficas, acabado espejo y deshidratado con calidad y grueso de pared normalizado. Incluye aislamiento Clasificación al fuego= M1.

Tubo de cobre frigorífico rígido 7/8":

Tubo de cobre 7/8" rígido de fabricación especial para instalaciones frigoríficas, acabado espejo y deshidratado con calidad y grueso de pared normalizado. Incluye aislamiento Clasificación al fuego= M1.

Tubo de cobre frigorífico flexible 3/8":

Tubo de cobre 3/8" de fabricación especial para instalaciones frigoríficas, acabado espejo y deshidratado con calidad y grueso de pared normalizado. Incluye aislamiento Clasificación al fuego= M1.

Tubo de cobre frigorífico flexible 5/8":

Tubo de cobre 5/8" de fabricación especial para instalaciones frigoríficas, acabado espejo y deshidratado con calidad y grueso de pared normalizado. Incluye aislamiento Clasificación al fuego= M1.

Conducto de chapa de acero galvanizada sin aislar:

Metros cuadrados (m²) de Conducto para distribución de aire, construido en chapa de acero galvanizada de 0,8 mm. de espesor sin aislar, incluyendo piezas especiales, abocamientos, soportes para instalaciones de climatización, etc., completo e instalado según planos y pliego de condiciones.

Rejillas de toma de aire:

Reja para toma o salida de aire construida en aluminio anodizado dotada de lamas inclinadas anti lluvia y malla metálica galvanizada de protección anti pájaros, completa de todos los accesorios necesarios para su montaje.

Rejillas retorno:

Rejilla de impulsión de aire, marca TROX, modelo AT-AG/625x125 o similar, provista de lamas móviles y simple regulación, con perfil de aluminio extruido anodizado en color natural.

Difusores circulares:

Rejilla de impulsión de aire, marca TROX, modelo AT-AG/1025x125 o similar, provista de lamas móviles y simple regulación, con perfil de aluminio extruido anodizado en color natural.

Compuerta cortafuego:

Compuerta cortafuegos, del tipo de fusible térmico bimetálico y electroimán a 24 V. Normalmente sin tensión (NA/ST), incluso final de carrera, admitirán maniobra manual, poseerán indicador exterior de posición y su funcionamiento quedará indicado de forma visual y acústica en la central de detección y parte proporcional de cableado bajo tubo de PVC, transformadores y demás elementos necesarios para el correcto montaje y funcionamiento, de 150 y 200 mm. con pieza de adaptación tipo RS, completa e instalada según planos.

➤ **Unidades de Ventilación**

Ventilador centrífugo de extracción

Extractores en línea para conductos con cuerpo extraíble y tamaño reducido con rodamientos a bolas de Larga Duración. Envoltente en material plástico auto extingible V0. Protección del motor IPX4 de dos velocidades y regulables. 220-240V 50 Hz.

Ventilador helicoidal

Ventiladores helicoidales de mural con hélice de plástico reforzada en fibra de vidrio, compuerta anti retorno incorporada, motor 230V-50Hz con rodamientos a bolas, IP65, Clase F.



iii) Ejecución

➤ Unidades Exteriores

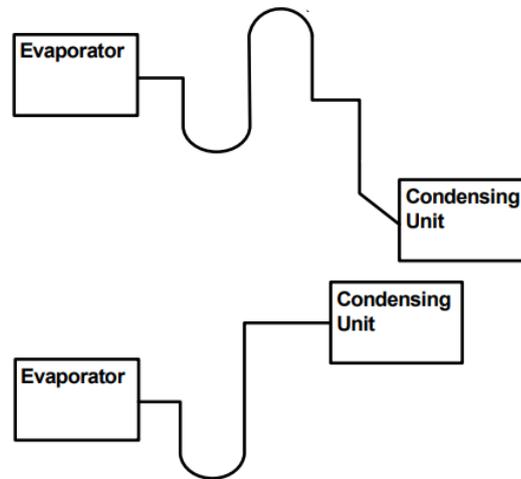
Las unidades de refrigeración quedarán gobernadas mediante un mando de control mural (ubicado en la zona de control del edificio), instalado a 1.5 metros de altura (evitando así la medición de valores de temperatura erróneos).

La conexión entre la unidad interior de climatización y el mando de control se realiza a través de cable de datos 2xAWG16 apantallado y no propagador de llama.

De la misma forma, el controlador local (PLC) del equipo de climatización de cada sala, quedará integrado en la red de comunicaciones de la plataforma SCADA. De este modo, se dispondrá de la visualización de los estados de funcionamiento de todos los equipos de refrigeración, desde el puesto de monitorización SCADA. (En estación central y talleres y cocheras).

Como lo indica la Figura 8, la instalación de la línea frigorífica de succión de los condensadores debe ser instalada dependiendo a la posición relativa con el evaporador. Para los casos en que el condensador está por encima del evaporador, es necesaria una trampa en la línea de succión de 13mm de altura vertical por cada 3m de diferencia en altura entre los equipos. Por otra parte, los casos en que el condensador esta debajo del equipo evaporador, un sistema de dos trampas, una normal y otra invertida, debe ser instalada para prevenir la migración de refrigerante al compresor durante los ciclos apagados.

Figura 8. Instalación línea de succión frigorífica



Fuente: DSP - AAT

Ningún equipo sensible al agua debe colocarse debajo de la línea de drenaje de condensados de la evaporadora debido a la posibilidad de fugas de agua de esta.

Todos los equipos deben estar correctamente anclados al techo o a la pared. Las líneas frigoríficas deben estar aisladas con espuma elastomérica de 9mm de espesor.

La tubería frigorífica irá soportada cada 1.5 metros de distancia, mediante abrazaderas equipadas con junta isofónica (evitando los puentes térmicos y las vibraciones).

➤ **Sistemas de Flujo de Refrigerante Variable**

Los sistemas de VRF consisten en diversos tipos de equipos interiores y exteriores. Para la instalación de cada equipo es recomendable seguir las guías de instalación de dichos equipos. Las siguientes son las recomendaciones para la instalación de las unidades exteriores:

- Deben colocarse de manera horizontal y nivelada sobre una base de concreto capaz de soportar su peso.
- Entre la base y la unidad, debe colocarse aisladores de vibración.

- Deben ir en el lugar especificado por los planos.
- Ninguna tubería conectada al equipo debe tocar la unidad en ningún otro punto.
- Todas las tuberías frigoríficas tanto de líquido como de gas deben estar aisladas para evitar condensación de agua. Los aislantes deben soportar temperatura de 120 °C o más.
- La etiqueta de identificación del equipo debe estar visible para su fácil identificación.

➤ **Unidades Internas**

Las unidades interiores se dividen en dos, tipo conductos y tipo cassette. Estas son instaladas en falso techo. Para cada caso se deben seguir los siguientes pasos:

- Deben colocarse de manera horizontal y nivelada, anclada a la pared o asegurada al falso techo según las recomendaciones del fabricante.
- Todas las tuberías frigoríficas tanto de líquido como de gas deben estar aisladas para evitar condensación de agua. Los aislantes deben soportar temperatura de 120 °C o más.
- Deben ir en el lugar especificado por los planos.

➤ **Equipos Sistema de Ventilación**

• **Ventiladores**

Las siguientes son las recomendaciones constructivas para los ventiladores helicoidales de pared:

- Para la elevación del ventilador, utilizar únicamente los cáncamos de elevación disponibles en el equipo mientras no se especifique lo contrario en instrucciones de elevación recibidas por separado.

- Evitar golpes que puedan deformar el ventilador y en caso de algún golpe, no instalar y reportarlo inmediatamente.
- Normalmente, los taladros de fijación que están dotados en los ventiladores vienen calculados para que el montaje ofrezca la seguridad y estabilidad requerida. Deben usarse, en cualquier caso, como mínimo, todos los dispositivos de fijación dotados en el equipo.
- La falta de apreté de los tornillos de anclaje produce ruidos y vibraciones perjudiciales.
- Los ventiladores deben ir en el lugar especificado por los planos.
- La etiqueta de identificación del equipo debe estar visible para su fácil identificación.
- **Rejillas**
 - Las rejillas deben estar limpias antes de su instalación.
 - Las rejillas para la toma de aire fresco, la descarga de la extracción de aire y la toma de aire fresco de los ventiladores debe tener la separación especificada en los planos de diseño.
 - Se debe abrir las rejillas al ángulo que proporcione el caudal especificado en los planos. Este valor viene especificado en los manuales de instalación del fabricante.

➤ **Elementos Climatización**

- **Ductos**

Los ductos por construir en el proyecto deberán cumplir con los requerimientos de SMACNA para definir el calibre necesario en cada caso del proyecto. El material de los ductos será de hojalata galvanizada y debe cumplir con las normativas ASTM A653. La siguiente figura menciona los refuerzos de ductos para 1" H₂O.

Tabla 2. Refuerzo para ductos rectangulares

1 in. wg Static Pos. or Neg.	No Reinforcement Required	Reinforcement Code for Duct Gage Number							
		Reinforcement Spacing Options							
		10 ft	8 ft	6 ft	5 ft	4 ft	3 ft	2½ ft	2 ft
①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
10 in. and under	26 ga.	Not Required							
11 – 12 in.	26 ga.								
13 – 14 in.	26 ga.								
15 – 16 in.	26 ga.								
17 – 18 in.	24 ga.		B-26						
19 – 20 in.	24 ga.		C-26	C-26	C-26	C-26	B-26	B-26	B-26
21 – 22 in.	22 ga.	C-24	C-24	C-26	C-26	C-26	B-26	B-26	B-26
23 – 24 in.	22 ga.	C-24	C-24	C-26	C-26	C-26	C-26	B-26	B-26
25 – 26 in.	20 ga.	D-22	D-24	C-26	C-26	C-26	C-26	C-26	B-26
27 – 28 in.	18 ga.	D-22	D-24	D-26	C-26	C-26	C-26	C-26	C-26
29 – 30 in.	18 ga.	E-22	D-24	D-26	D-26	C-26	C-26	C-26	C-26
31 – 36 in.	18 ga.	E-20	E-22	E-24	D-24	D-26	C-26	C-26	C-26
37 – 42 in.	16 ga.	F-18	F-20	E-22	E-24	E-26	D-26	D-26	C-26
43 – 48 in.	16 ga.	G-18	G-18	F-20	F-22	E-24	E-26	E-26	D-26
49 – 54 in.	Not Designed	H-18	H-18	G-20	F-22	F-24	E-24	E-24	E-24
55 – 60 in.		I-16	H-18	G-20	G-22	F-24	F-24	E-24	E-24
61 – 72 in.		I-16G	H-18G	H-18G	H-22G	F-24	F-24	F-24	F-24
73 – 84 in.			I-18G	I-18G	I-20G	H-22G	H-22G	H-22G	G-22
85 – 96 in.			J-16H	I-18H	I-18H	I-20G	H-20G	H-20G	H-22G
97 – 108 in.				J-16H	I-18H	I-18G	I-18G	I-18G	I-18G
109 – 120 in.					J-16H	I-18H	I-18H	I-18H	I-18G

Fuente: SMACNA

- Las dimensiones de los ductos son internas.
- Se debe proveer compuertas (dampers) para controlar el caudal de aire que sale en los ductos ramales y tener un correcto balance en el sistema
- Los codos deben tener aspas giratorias para que el aire pueda girar correctamente.
- Se deben usar adhesivos o cintas al tener aberturas en las transiciones de los ductos, en donde pudiera ocurrir una fuga de aire.
- Los ductos estarán guindados, utilizando ángulos y barras roscadas como colgadores, y estos deben estar anclados a la estructura del techo. La distancia entre cada colgador y su tamaño será de acuerdo con la tabla 5-1 del SMACNA.

Tabla 3. Tabla 5-1 del SMACNA - Tamaños ductos HVAC

Maximum Half of Duct Perimeter	Pair at 10 ft Spacing		Pair at 8 ft Spacing		Pair at 5 ft Spacing		Pair at 4 ft Spacing	
	Strap	Wire/Rod	Strap	Wire/Rod	Strap	Wire/Rod	Strap	Wire/Rod
P/2 = 30	1 × 22 ga	10 ga (.135)	1 × 22 ga	10 ga (.135)	1 × 22 ga	12 ga (.106)	1 × 22 ga	12 ga (.106)
P/2 = 72	1 × 18 ga	3/8	1 × 20 ga	1/4	1 × 22 ga	1/4	1 × 22 ga	1/4
P/2 = 96	1 × 16 ga	3/8	1 × 18 ga	3/8	1 × 20 ga	3/8	1 × 22 ga	1/4
P/2 = 120	1 1/2 × 16 ga	1/2	1 × 16 ga	3/8	1 × 18 ga	3/8	1 × 20 ga	1/4
P/2 = 168	1 1/2 × 16 ga	1/2	1 1/2 × 16 ga	1/2	1 × 16 ga	3/8	1 × 18 ga	3/8
P/2 = 192	Not Given	1/2	1 1/2 × 16 ga	1/2	1 × 16 ga	3/8	1 × 16 ga	3/8
P/2 = 193 up	Special Analysis Required							
When Straps are Lap Joined Use These Minimum Fasteners:					Single Hanger Maximum Allowable Load			
					Strap		Wire or Rod (Dia.)	
1 × 18, 20, 22 ga -two #10 or one 1/4 bolt 1 × 16 ga -two 1/4 dia. 1 1/2 × 16 ga -two 3/8 dia Place fasteners in series, not side by side.					1 × 22 ga - 260 lbs. 1 × 20 ga - 320 lbs. 1 × 18 ga - 420 lbs. 1 × 16 ga - 700 lbs. 1 1/2 × 16 ga - 1100 lbs.		0.106 - 80 lbs. 0.135 - 120 lbs. 0.162 - 160 lbs. 1/4 - 270 lbs. 3/8 - 680 lbs. 1/2 - 1250 lbs. 5/8 - 2000 lbs. 3/4 - 3000 lbs.	

Fuente: SMACNA

- **Acople Entre Ductos**

El acople entre ductos debe ser cada 5ft como máximo y se hará con juntas transversales de tipo S y trabilla, o cualquiera de las formas mencionadas en el capítulo 2.2 y 2.3 del “SMACNA”. El grosor de la costura longitudinal para ductos rectangulares será de tipo según la clasificación de presión que tenga el ducto a construir, además de tener la correcta dimensión para un ajuste seguro.

- **Acople a Equipos**

- Material: Lona flexible
- Modelo de referencia: Neopreno, duro dyne o similar

- **Colgadores de Ductos y Tuberías**

Los colgadores de ductos y tuberías están compuestos por 3 elementos, la fijación superior al edificio, el colgador y la fijación inferior al ducto. Los colgadores de ductos deben ser capaces de sujetar en concreto y debe tomar precauciones expansiones y vibración de los ductos. La separación de los colgadores de ductos viene basada en el estrés, desviación y el análisis de pandeo de estos.

Tabla 4. Distancia colgadores de ductos

Área ft ² [m ²]	Espacio Mínimo ft [m]
Menos de 4 [0.4]	8 [2.5]
4 [0.4] a 10 [1]	6 [2]
Más de 10 [1]	4 [1.2]

Fuente: DSP

- **Aisladores de Vibración**

- Utilizar neopreno de grado industrial para materiales elastomérico.
- Los aisladores de vibración deben resistir la corrosión.
- Pad tipo waffle de neopreno, durómetro de 40, calibre de 16 entre capas.
- Colgador de resorte con neopreno, deflexión de 0.3” de elementos de neopreno en series.

- **Acople de Rejilla de Aire Fresco a Ducto**

Las rejillas de aire en fachada de los edificios deben garantizar el caudal especificado en la memoria de cálculo de climatización y ventilación y los acoples de dichas rejillas serán previstas por obra civil siguiendo las recomendaciones del fabricante.

- **Tuberías de Refrigeración**

Las tuberías frigoríficas serán de cobre, tipo L, K o M, sin costuras de acuerdo con la normativa ASTM B88. Las tuberías irán aisladas térmicamente y protegidas de la formación de condensados, mediante la instalación en las mismas de espuma elastomérica (caucho sintético) Armaflex 9 mm de espesor. Las siguientes son las características de los tubos:

- Presión máxima: 450 psig
- Temperatura máxima: 225 °F
- Cualquier sistema con un compresor de desplazamiento positivo con más de 3kg de refrigerante deben tener válvulas de retención en la entrada de cada compresor o cada condensadora. En la salida de cada compresor o unidad condensadora y en cada receptor de líquido.
- Filtro secador para circuitos menores de 15 tones.

El diámetro de las tuberías de refrigeración a ser instaladas va ligado directamente a la recomendación del fabricante de los equipos de aire acondicionado. Dicho diámetro depende de las especificaciones de los equipos de aire acondicionado o de lo que indica el software de selección, para el caso de las unidades de flujo de refrigerante variable.

Para el caso de las unidades Split uno a uno, se deben aislar las tuberías de succión (gas) el sistema. Para el caso de las unidades de flujo de refrigerante variable se aislarán las dos líneas, líquido y succión (gas). Es recomendable que toda la tubería de refrigeración sea instalada con mangas de PVC, principalmente al atravesar paredes. Dependiendo de la resistencia al fuego de la pared o techo a ser atravesado por las tuberías de refrigeración, en las mangas de PVC, se debe colocar un material sellante y resistente al fuego, del mismo grado de resistencia de la pared como mínimo.

3.1.2. Sistema de Protección Contra Incendios

i) Características Técnicas

➤ Detección y Alarma

La detección del sistema de protección contra incendio de los edificios que comprenden el complejo del Tren Metropolitano de Cochabamba, Bolivia, está conformado por una serie de equipos manuales y automáticos distribuidos por cada edificio tal que garanticen la seguridad de las personas en los recintos.

Los sistemas de detección se dividen en direccionales y convencionales. Esta configuración cambia el método de conexión con la centralita que los controla. Los siguientes son los componentes de detección y alarma considerados:

- Detector direccionable fotoeléctrico

Suministro e instalación de detector analógico fotoeléctrico de humos.

- Pulsador direccionable rearmable con tapa

Suministro e instalación de pulsador direccionable en carcasa roja de plástico con aislador de línea incorporado y mecanismo de aviso rearmable mediante llave. Incluye tapa de protección.

- Sirena con flash y mensajes (roja) direccionable

Suministro e instalación de sirena alarma color rojo con conexión directa a lazo en sistemas con centrales direccionables. Provista de módulo aislador de línea. Incorpora mensajes de voz y flash programables. Intensidad acústica máxima 99 dB a 1 m.

- Fuente de alimentación 24 Vdc 5A

Suministro e instalación de fuente de alimentación conmutada de 24Vcc 5A controlada por microprocesador. Salidas independientes protegidas por fusibles térmicos (PTC) y 10 indicadores luminosos de estado, salidas de relé para indicación del estado de la fuente. Dispone de supervisión de la alimentación conmutada y protección contra cortocircuitos. Incorpora un circuito de supervisión de baterías para presencia, nivel y eficacia. Supervisión de derivas a Tierra. Fabricada según norma EN54-4. Incluye 2 baterías de 12Vcc.

- Central de detección direccionable

Central de detección del sistema de protección contra incendios según prescripciones de la memoria y anejos. De 4 lazos con 396 direcciones y capaz de conectarse en red a otras centrales. IP30, 230V/50Hz.

- Detector fotoeléctrico no direccionable

Suministro e instalación de detector fotoeléctrico de humos no direccionable.

- Pulsador no direccionable rearmable con tapa

Suministro e instalación de pulsador no direccionable en carcasa roja de plástico con aislador de línea incorporado y mecanismo de aviso rearmable mediante llave. Incluye tapa de protección.

- Sirena con flash no direccionable

Suministro e instalación de sirena alarma color rojo. Provista de módulo aislador de línea. Flash M100FE e intensidad acústica máxima 99 dB a 1 m.

- Central de detección convencional

Central de detección del sistema de protección contra incendios según prescripciones de la memoria y anejos. De 4 zonas de hasta 32 detectores cada una. Dos salidas NAC para sirenas y alarmas. IP30, 230V/50Hz.

➤ Extinción

En este punto se consideran todos los sistemas de extinción manual o automática (Húmeda):

- B.I.E. 25mmx20 m. armario

Boca de incendio equipada (B.I.E.) compuesta por armario horizontal de chapa de acero 58x71x25 cm. pintado en rojo, con puerta de acero inoxidable, tubería de alimentación de 2 1/2", equipado con llave de ángulo y tomas de 2 1/2" y 1 1/2". Clase III y flujo mínimo de 56.7 m³/h. Mangueras de 25mm y 20m de largo.

- Tubo de acero DIN 2440 galvanizado 1 1/4"

Tubería acero galvanizado, DIN-2440 de 1 1/4" (DN-32), sin calorífuga, colocado en instalación de agua, incluso p.p. de uniones, suportación, accesorios, plataformas móviles, mano de obra, prueba hidráulica. Medida la unidad instalada.

- Tubo de acero DIN 2440 galvanizado 2 1/2"

Suministro y colocación de tubería acero galvanizado, DIN-2440 de 2 1/2" (DN-65), sin calorífuga, pintada, colocado en instalación de red de bies, incluso p.p. de uniones, suportación, accesorios, plataformas móviles, mano de obra, prueba hidráulica. Medida la unidad instalada.

- Tubo de acero DIN 2440 galvanizado 1 1/2"

Tubería acero galvanizado, DIN-2440 de 1 1/2" (DN-40), sin calorífuga, colocado en instalación de agua, incluso p.p. de uniones, suportación, accesorios, plataformas móviles, mano de obra, prueba hidráulica. Medida la unidad instalada.

- Tubo de acero DIN 2440 galvanizado 2"

Tubería acero galvanizado, DIN-2440 de 2" (DN-50), sin calorífuga, colocado en instalación de agua, incluso p.p. de uniones, suportación, accesorios, plataformas móviles, mano de obra, prueba hidráulica. Medida la unidad instalada.

- Tubo de acero DIN 2440 galvanizado 3"

Tubería acero galvanizado, DIN-2440 de 3" (DN-80), sin calorífuga, colocado en instalación de agua, incluso p.p. de uniones, suportación, accesorios, plataformas móviles, mano de obra, prueba hidráulica. Medida la unidad instalada.

- Extintor CO₂

Extintor de CO₂ instalado según prescripciones de la memoria.

- Extintor polvo

Extintor automático de polvo químico ABC polivalente anti-brasa, de agente extintor con presión incorporada, con soporte y manómetro comprobable.

- Rociador 1/2" colg. bro. FM-UL

Rociador automático 1/2", terminado bronce, posición colgante, temperatura de fusible 141°C, artículo listado FM y homologado por UL (Normas USA).

- Válvula alarma 80 FM-UL Rociado

Válvula de control rociadores de tubería húmeda de 80 mm (3"), compuesta por cámara de retardo, válvula de control, manómetros válvula de pruebas de instalación, gong de alarma hidráulica, conjunto montado, artículo listado FM y homologado por UL (Normas USA)

- Punto pruebas rociadores

Punto de pruebas de presión dinámica instalación rociadores, compuesto por manómetro, cola de tocino grifo de comprobación manómetro, válvula de bola 1", tubo de 1" desde último rociador hasta la altura de la mano, terminado en un rociador de 1/2" abierto de iguales características que los instalados.

➤ **Grupo de Presión**

- Grupo de presión 110 m³/h

Suministro y colocación de grupo de presión contra incendios para 110 m³/h a 10 bar., compuesto por electrobomba principal, bomba principal diésel y electrobomba jockey, colector de aspiración con válvulas de seccionamiento, colector de impulsión con válvulas de corte y retención, válvula principal de retención y colector de pruebas en impulsión, manómetro y válvula de seguridad, acumulador hidroneumático de 25 l. bancada metálica y cuadro eléctrico de maniobras según Normas UNE (23-500-90).

- Detector de flujo 6"

Detector de flujo para instalaciones de rociadores automáticos, para tubo 6", con elemento retardador de disparo para eliminar las falsas alarmas, dispone de contacto eléctrico de alarma a distancia.

➤ **Suministro de Agua**

- Depósito de agua 150m³

Depósito de agua apernado para sistema contra incendios, prefabricado de láminas de acero galvanizado. Incluido con bridas de conexiones con codo invertido para succión de bombeo. Llenado automático.

- Acometida general

Acometida General para edificios en tubería de fundición DN 150 enchufe standard para instalación enterrada, con accesorios del mismo material, con p.p de piezas especiales y accesorios, excluido apertura y cierre de zanjas, incluidas pruebas hidráulicas, diámetro. 100 mm

- Válvula de compuerta DN 50

Válvula de compuerta cierre elástico modelo corto DN 50, y válvula de bola con piezas especiales.

- Codo de fundición de brida 90°

Codo de fundición de bridas 90° DN100. PVC

➤ **Sistema de Extinción por Gas NOVEC**

- Botella de gas NOVEC 80L

Armario de bombonas de gas Novec 1230 de 80 L. Armario totalmente instalado incluyendo conexiones de solenoide a centralita

- Botella de gas NOVEC 100L.

Armario de bombonas de gas Novec 1230 de 100 L. Armario totalmente instalado incluyendo conexiones de solenoide a centralita

- Rociador de techo radial para Novec 1230

Rociador de techo para sistema de gas Novec 1230. Radial de 12m² de cobertura

➤ **Señalética**

- Señal aluminio 420x420. Foto luminiscente

Señalización de equipos contra incendios foto luminiscente, de riesgo diverso, advertencia de peligro, prohibición, evacuación y salvamento, en aluminio de 0,5 mm foto luminiscente, de dimensiones 420x420 mm.

- Señal aluminio 210x210. No Foto luminiscente

Señalización de equipos contra incendios no foto luminiscente, de riesgo diverso, advertencia de peligro, prohibición, evacuación y salvamento, en aluminio de 0,5 mm, de dimensiones 210x210 mm. Medida la unidad instalada.

- Señal aluminio 210x297 mm. Foto luminiscente

Señalización de equipos contra incendios foto luminiscente, de riesgo diverso, advertencia de peligro, prohibición, evacuación y salvamento, en aluminio de 0,5 mm foto luminiscente, de dimensiones 210x297 mm.

- Señal aluminio 210x297. Foto luminiscente

Señalización de equipos contra incendios foto luminiscente, de riesgo diverso, advertencia de peligro, prohibición, evacuación y salvamento, en PVC rígido de 1 mm foto luminiscente, de dimensiones 210x297 mm.

ii) Ejecución y Montaje

➤ Detección y Alarma

La subcontratista a instalar los sistemas de detección y alarma debe como mínimo garantizar que la cantidad y ubicación de los detectores y alarmas sea la correcta según planos. La conexión y el control de estos dispositivos han sido considerados usando centralitas convencionales y direccionables. Sin embargo, el instalador de estos equipos decidirá el diseño final de conexión de los sistemas siempre y cuando cumpla con los requerimientos descritos en la memoria de cálculo.

➤ Extinción

La instalación de los sistemas de rociadores para la red húmeda de PCI debe seguir los requerimientos correspondientes a la normativa NFPA 13 y los planos asociados para cada edificio.

Para los talleres, la tubería exterior de abastecimiento de agua al sistema contra incendio irá enterrada a una distancia de entre 60 y 80cm respecto a la cota de acabado del terreno para evitar la aparición de corrosión en la tubería

La acometida del sistema contraincendios a cada uno de los edificios irá equipada con una arqueta que albergará los siguientes componentes:

- Una (1) válvula de compuerta seccionadora bridada, de calibre acorde al diámetro nominal de la tubería en el tramo de instalación, siendo este de 4" (a excepción del EAD, ya que la válvula será de 3").
- Un (1) ramal que abastece una (1) toma siamesa de 2 ½" (calibre de cada una de las conexiones), ubicada en el exterior del edificio (de uso exclusivo para bomberos), siendo el calibre de esta tubería de alimentación en 3".
- Un (1) dispositivo de drenaje.
- Una (1) válvula limitadora de presión tal que garantice que en ninguna BIE se alcancen presiones de servicio superiores a 6.8 bar(g).

Los puntos de cota más elevada de cada una de las redes de tuberías quedarán equipados con un (1) dispositivo de venteo.



El origen de las acometidas a los sistemas de rociadores que se instalarán en los edificios de los talleres, estos irán equipados con un (1) cuadro hidráulico formado por la siguiente relación de equipos (de calibres acordes al tamaño de la tubería de instalación):

- Una (1) válvula de corte manual de compuerta seccionadora.
- Una (1) válvula Check.
- Un (1) sensor de flujo de paletas.
- Una (1) válvula principal de drenaje (conectada con la red sanitaria).
- Una (1) alarma hidromecánica conectada con el sensor de flujo de paletas mediante una tubería de acero galvanizado de $\frac{3}{4}$ ".
- Un (1) filtro de agua "Y" instalado en la línea que une el sensor de flujo con la alarma hidromecánica.
- Una (1) cámara de retardo instalada entre el sensor de flujo y la alarma, equipada con un presostato (que activará la alarma al alcanzar una determinada presión).
- Una (1) válvula de corte manual de la alarma hidromecánica, instalada entre la cámara de retardo y el sensor de flujo.

La red de tuberías en zona de talleres irá soportada a una altura de 5 metros, dejando ramales de abastecimiento en cada uno de los puntos de consumo (BIEs) hasta una altura de 1.5 metros sobre la cota del grupo de presión.

El conjunto de accesorios y tuberías existentes del sistema contraincendios de cada uno de los edificios, soportarán presiones nominales PN16.

Las tuberías de 4" que abastecen la red de BIEs de los edificios equipados con este tipo de equipo de extinción, serán de acero negro cubierto con pintura vinílica de color rojo (evitando así la aparición de corrosión). Estas tuberías irán identificadas, indicando el sentido de flujo, calibres, dispositivos que abastecen y presión nominal.

Las tuberías que proporcionan el caudal de agua requerido en la red de rociadores serán de acero negro cubierto con pintura vinílica de color rojo (garantizando así la protección frente a la corrosión). Estas tuberías quedarán identificadas, indicando dimensiones, presiones nominales, sentido de flujo y equipos de abastecimiento.

Los hidrantes adyacentes a edificios quedarán ubicados respecto a estos respetando una distancia a los cerramientos del edificio de 0.9 m. Cumpliendo de este modo los requerimientos del NFPA 14, en su apartado 6.4.6.

La distancia máxima entre hidrantes consecutivos en la red exterior de extinción de incendios no superará los 91.4 m (300pies) (según norma NFPA 850 apartado 6.4.1.1).

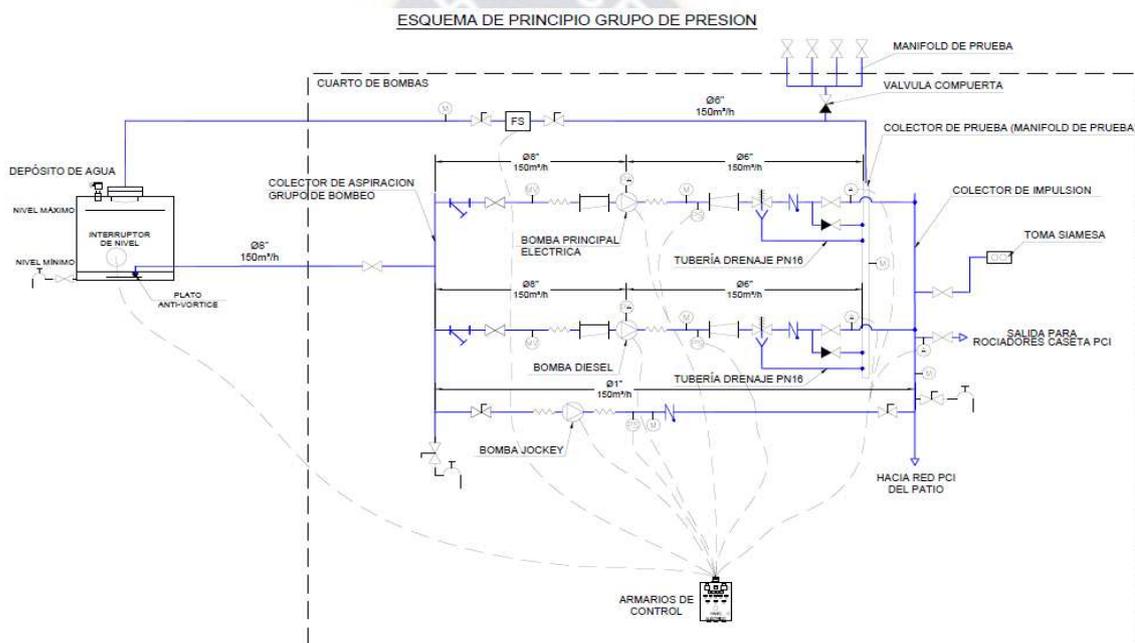
La distancia máxima entre BIEs, conforme NFPA 14; 7.3.4.1.1, será de 50 metros (164 pies), cumpliendo de este modo los requisitos de distancia entre BIEs de sistemas de clase

III. Así mismo, la distancia entre la BIE más cercana a la puerta de acceso a los talleres no superará los 5 metros (16 pies) de distancia.

➤ Grupo de Presión

La siguiente figura muestra el esquema constructivo para el sistema de protección contra incendio. Este esquema debe ser usado como referencia para la construcción y armado del sistema de bombeo.

Figura 9. Esquema de Principio Grupo Presión del Sistema de Protección Contra Incendio



Fuente: DSP -AAT

Las conexiones de cada uno de los elementos del conjunto del grupo de presión ubicado en cuarto de bombas se realizarán a través de brida.

Las tuberías que se instalen en la cuarto de bombas estarán a la vista y serán de acero negro, cubierto con una capa de pintura vinílica para garantizar la protección frente a la corrosión.

El gobierno del funcionamiento del grupo de presión del Sistema Contra Incendio se realizará mediante la instalación de la siguiente relación de equipos de instrumentación:

- Un (1) mano-vacuómetro ubicado en la succión de las bombas principales, cuya función reside en la visualización del valor de presión en la succión de la bomba.

- Un (1) manómetro ubicado en la descarga de las bombas principales y Jockey, garantizando así la visualización de la presión en la impulsión de las bombas.
- Un (1) presostato situado en la línea de descarga de cada una de las tres (3) bombas que conforman el grupo de presión. La función de este dispositivo consiste en la puesta en funcionamiento de la bomba que controla cuando se alcanza una presión inferior a 0.8 veces la presión nominal de la instalación en la bomba principal, y de 0.6 veces la presión nominal en la bomba Jockey.
- Un (1) purgador automático ubicado en las bombas principales (eléctrica y diésel), garantizando la ausencia de burbujas en la voluta de la bomba.

Todos los equipos usados deben ser aprobados FM y listado UL. Así mismo, las conexiones a controlador de bombas deben estar en acuerdo con la NFPA 20 y NFPA 70.

➤ **Suministro de Agua**

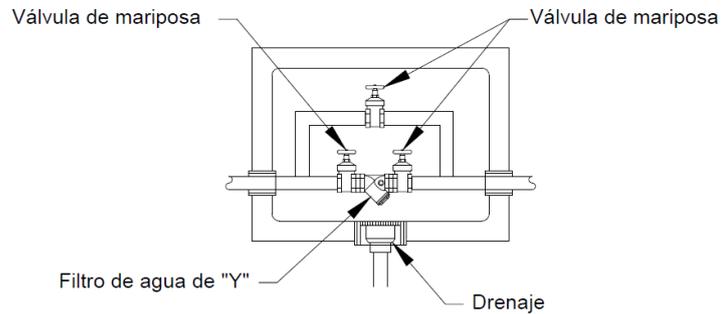
Todos los aspectos constructivos para el tanque de abastecimiento de agua para PCI deben cumplir con las normas y reglamentos de la NFPA 22 “Estándar para Tanques de Agua para Protección Contra Incendios Privada” correspondientes a tanques atornillados (Sección 4).

El llenado del tanque se realizará a través de una válvula automática TODO/NADA de 2 ½” equipada con un flotador de nivel. Así mismo, aguas arriba de la válvula, se dispondrá de arqueta registrable con la siguiente relación de componentes:

- Tres (3) válvulas de mariposa manuales de calibre 2 ½” (situadas aguas arriba y abajo del filtro de latón, así como en el carrete de By-Pass del filtro de latón).
- Un (1) filtro “Y” de latón de calibre 2 ½”, equipado con cesta mallada de acero inoxidable con una porosidad de 25-50 μm .
- Una (1) acometida de drenaje conectada con la red sanitaria de los talleres.

El esquema funcional del cuadro hidráulico se detalla en el siguiente esquema:

Figura 10. Esquema de principio etapa de filtrado

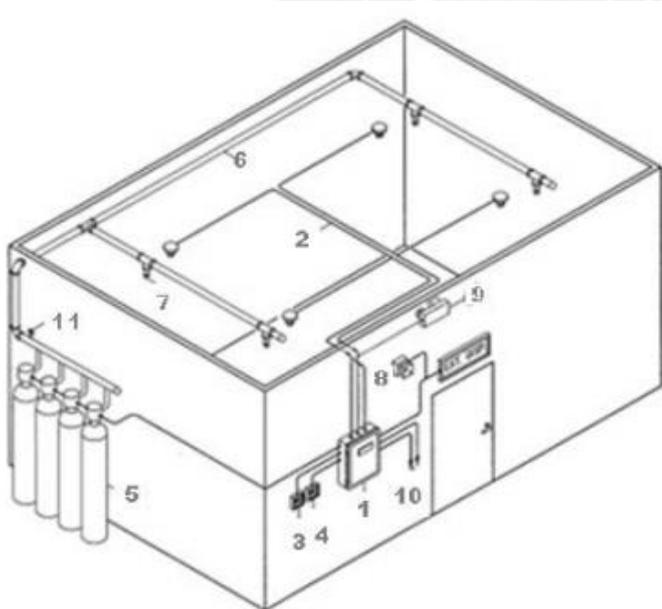


Fuente: DSP - AAT

➤ **Sistema de Extinción por Gas NOVEC**

El conjunto de dispositivos que integran el sistema de extinción de incendios por gas NOVEC, presentará la siguiente distribución en sala:

Figura 11. Ejemplo sistema gas NOVEC



- | |
|------------------------------|
| 1. Centralita convencional |
| 2. Sistema detección cruzada |
| 3. Pulsador de aborto |
| 4. Pulsador de disparo |
| 5. Botellas gas NOVEC |
| 6. Tubería descarga |

Fuente: DSP - AAT

La interrupción del funcionamiento del sistema de extinción una vez esta ha sido activada, será garantizada mediante la manipulación del pulsador de aborto ubicado tanto en el interior como en el exterior de la sala protegida.

El equipo de extinción precoz dispondrá de botellas de almacenamiento del gas limpio (NOVEC 1230), equipadas con un (1) colector provisto de una (1) electroválvula conectada con la centralita convencional del equipo de extinción. Una vez detectado el incendio, la centralita energizará la electroválvula normalmente cerrada (24V CC), consiguiendo la inundación de la sala.

El conjunto de accesorios del circuito de distribución de extinción por agente limpio (gas NOVEC 1230) presentarán una presión nominal PN50 (Clase 300#).

3.2. Implementación de los Sistemas.

El proyecto de construcción y puesta en marcha del TMC fue dividido en 2 etapas, tanto para la construcción e implementación como para la entrega a la UTF del MOPSV:

- **Etapa 1:** Línea roja, Talleres y Cocheras (Edificio Administrativo) y Estación Central.
- **Etapa 2:** Línea Verde y Talleres y Cocheras (Nave Principal, Almacén de Taller y Almacén de Inflamables).

Cada línea está compuesta por las paradas o apeaderos, Estaciones Municipales (EM) y los Cuartos de Enclavamiento. Se distribuyen de la siguiente manera:

- **Línea Roja:** EM Agronomía, 7 apeaderos y 2 Cuartos de Enclavamiento.
- **Línea Verde:** EM Colcapirhua, EM Quillacollo, EM Vinto, EM Suticollo, 23 apeaderos y 4 Cuartos de Enclavamiento.

En cada edificio del TMC se instaló techo falso modular (excepto los apeaderos y cuartos de enclavamiento), lo cual facilita la instalación de luminarias, equipos de climatización y dispositivos contra incendios, esto, porque es más fácil acceder a cada elemento para su mantenimiento respectivo.

3.2.1. Sistema de Climatización y Ventilación

i) Etapa I

En esta etapa, los equipos de climatización fueron instalados en cada ambiente de la Estación Central, Edificio Administrativo (perteneciente a Talleres y Cocheras), apeaderos de Línea Roja y Estación Central.

Por motivos estructurales se utilizaron dos tipos de climatizadores: Tipo Split y tipo Cassette. Cada unidad tipo Split contaba con su UE o evaporador; sin embargo, cada unidad tipo Cassette se conectó a un circuito que contaba con una UE para varias UI, en función a las necesidades de cada edificio y la capacidad de cada UE.

Las unidades tipo Split se montan en la pared a una distancia de 10 cm aproximadamente desde el techo hacia el equipo, como se puede apreciar en las figuras.

Figura 12. Split montado en la pared



Fuente: Elaboración propia

Después se conecta la tubería de cobre del Split con su evaporador ubicado sobre la cubierta de cada edificio. Paralelamente a éste, se conecta un tubo corrugado (incluido de fábrica con el equipo) el cual cumple la función de drenaje, el cual se dirige directamente a la red sanitaria del edificio.

Figura 13. Tubo corrugado de drenaje de Split



Fuente: Elaboración propia

Cada equipo se conecta a un tablero eléctrico destinado específicamente para la red de equipos de climatización, estos equipos son monofásicos y se utilizaron disyuntores térmicos de 6 A.

Para las unidades tipo Cassette, el proceso de montaje es más complejo, ya que, al ser más robustos y grandes que los Split se requiere de soportes con perfiles de acero de 2 mm a los cuales se asegura con una varilla roscada M8. Estos perfiles son fijados a las vigas estructurales de cada edificación.

Figura 14. Montaje de Cassette en techo



Fuente: Elaboración propia

Después de la fijación del equipo a la estructura metálica del edificio y su montaje, se realiza la conexión de la tubería de cobre que viene inserto en el equipo con la tubería conectada a la red que se conectará a la UE más adelante.

Figura 15. Tubería de cobre – Red de tuberías de climatización



Fuente: Elaboración propia

Figura 16. Montaje de Cassette en techo



Fuente: Elaboración propia

Este proceso requiere realizar soldadura con Nitrógeno y Plata, por lo que toma más tiempo y cuidado en su instalación.

Figura 17. Cassette montado en techo



Fuente: Elaboración propia

Antes de terminar la conexión de esta red, se realiza el montaje de la Unidad Externa, lo cual requiere trabajo con máquinas de izaje, ya que este equipo tiene un peso considerable y llevarlo a cada cubierta es prácticamente imposible usando únicamente fuerza humana.

Figura 18. Preparación de Unidad Externa para montaje en cubierta



Fuente: Elaboración propia

Figura 19. Unidad Externa ubicada en la cubierta del edificio



Fuente: Elaboración propia

Después de su montaje, se realiza la conexión de la tubería de cobre a este equipo. Finalmente se hace la conexión eléctrica correspondiente al tablero destinado para estos equipos. Cada UI es monofásica y requiere un disyuntor térmico de 6 A y cada UE es trifásica por lo que se utiliza un disyuntor térmico trifásico de 40 A.

A continuación, se muestran algunos ejemplos gráficos en referencia a cada edificación:

➤ **Estación Central:**

En Estación Central se realizó la instalación de tubería de cobre con chaqueta de caucho nitrílico NBR en el semisótano para la distribución de refrigerante en las redes de climatización.

Figura 20. Tubería de cobre con chaqueta NBR



Fuente: Elaboración propia

Figura 21. Cassettes 4 vías instaladas en Estación Central



Fuente: Elaboración propia

➤ **Apeaderos de Línea Roja:**

Los apeaderos de Línea Roja son 7 en total:

- ✓ Ap. El Arco
- ✓ Ap. Santa Bárbara
- ✓ Ap. Alejo Calatayud
- ✓ Ap. OTB Universitario
- ✓ Ap. Politécnico
- ✓ Ap. El Molino
- ✓ Ap. EM Agronomía

Cada apeadero cuenta con un ambiente de 3m x 1m destinado para el montaje de estantes para los equipos de comunicación.

Figura 22. Split montado en apeadero



Fuente: Elaboración Propia

Figura 23. Unidad Externa Apeaderos Línea Roja



Fuente: Elaboración propia

➤ **Estación Municipal Agronomía:**

Figura 24. Cassettes y sus tapas almacenadas en la estación



Fuente: Elaboración propia

Figura 25. Cassette montado en techo



Fuente: Elaboración propia

➤ **Cuartos de Enclavamiento:**

Los Cuartos de Enclavamiento o Interlocking son ambientes donde van instalados los equipos de control del sistema de señalización: señales principales (Semáforos para trenes), señales secundarias, motores de cambio, electroimanes, contadores de ejes y detectores de trenes.

Figura 26. Split montado en Cuarto de Enclavamiento



Fuente: Elaboración Propia

Figura 27. Condensador Montado en el exterior del Cuarto de Enclavamiento



Fuente: Elaboración propia

➤ **Edificio Administrativo:**

En el Edificio Administrativo, perteneciente al área de Talleres y Cocheras, se hallan las oficinas para el personal administrativo de la empresa Operadora Mi Tren y el ambiente denominado OCC (Operations Control Center – Centro de Control de Operaciones). A causa de un problema de construcción en la planta baja, el entretecho es muy angosto para la instalación de cassettes, por lo que se optó por la instalación de Splits, de igual manera en la sala de monitoreo del OCC.

Figura 28. Splits montados en la planta baja – Edificio Administrativo



Fuente: Elaboración propia

Figura 29. Splits montados en sala de monitoreo de OCC



Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, en el Cuarto de Equipos de OCC, el cual alberga las unidades principales de: control de comunicaciones, electrificación ferroviaria y señalización del proyecto, cuenta con sistemas de protección más especializados y eficientes. En este ambiente se encuentran instalados Cassetes 360° de 1000W, los cuales funcionan las 24 horas; esto para mantener a los equipos de control de operación ferroviaria a una temperatura tolerable de trabajo evitando el sobrecalentamiento, ya que, sus funciones son muy importantes y deben trabajar 24/7.

Figura 30. Cassetes 360° Samsung



Fuente: Elaboración propia

ii) Etapa II

En la etapa 2, se distribuyeron los equipos climatizadores en las Estaciones Municipales de Línea Verde, Apeaderos y en los edificios de Talleres y Cocheras (Nave Principal, Almacén de Taller y Almacén de Inflamables).

➤ Apeaderos Línea Verde

En los apeaderos de Línea Verde se instalaron unidades tipo Split, cada unidad contaba con su evaporador montado sobre la cubierta del apeadero. Se montaron 22 equipos en total, incluidos los apeaderos de las Estaciones Municipales (excepto Suticollo), como se detalla a continuación:

- | | |
|------------------------------|------------------------------|
| ✓ Ap. Cementerio | ✓ Ap. Av. Ferroviaria |
| ✓ Ap. Aeropuerto | ✓ Ap. EM Quillacollo |
| ✓ Ap. Mcal. Santa Cruz | ✓ Ap. Cementerio Quillacollo |
| ✓ Ap. Beijing | ✓ Ap. Miguel Mercado |
| ✓ Ap. Villa Busch | ✓ Ap. EM Vinto |
| ✓ Ap. Sra. De La Merced | ✓ Ap. Río Khora |
| ✓ Ap. Santa Rosa | ✓ Ap. Vinto Chico |
| ✓ Ap. OTB Barrio Ferroviario | ✓ Ap. Cruce Payacollo |
| ✓ Ap. EM Colcapirhua | ✓ Ap. Puente Viloma |
| ✓ Ap. Piñami | ✓ Ap. Sorata Huancarani |
| ✓ Ap. Cotapachi | ✓ Ap. Pueblo Nuevo |

Además, en los Cuartos de Enclavamiento ubicados en: Aeropuerto, OTB Barrio Ferroviario, Cementerio Quillacollo y Sorata Huancarani.

Cada equipo se conecta a un tablero eléctrico ubicado en el interior del Cuarto Técnico de cada apeadero, estos equipos son monofásicos y se utilizaron disyuntores termomagnéticos de 6 A.

Figura 31. Split instalado en apeadero Línea Verde



Fuente: Elaboración propia

➤ Estaciones Municipales en Línea Verde

Como se hizo en Estación Municipal Agronomía, se instalaron Cassettes en las Estaciones Municipales de Colcapirhua, Quillacollo, Vinto y Suticollo; también en la Nave Principal de Talleres y Cocheras, pero solo en los ambientes de oficina.

Figura 32. Cassette instalado en tienda de Estación Municipal



Fuente: Elaboración propia

Figura 33. Cassette instalado en oficina del Nave Principal de TyC



Fuente: Elaboración propia

Estas estaciones cuentan con ambientes de espacio más reducido, por lo que se utilizó un modelo de Cassette más esbelto, como puede verse en la figura 34. Este cassette solo tiene una vía de emisión de aire, por lo que se instaló en una posición más cercana a la pared.

Figura 34. Cassette esbelto montado en oficina de Administrador de EM



Fuente: Elaboración propia

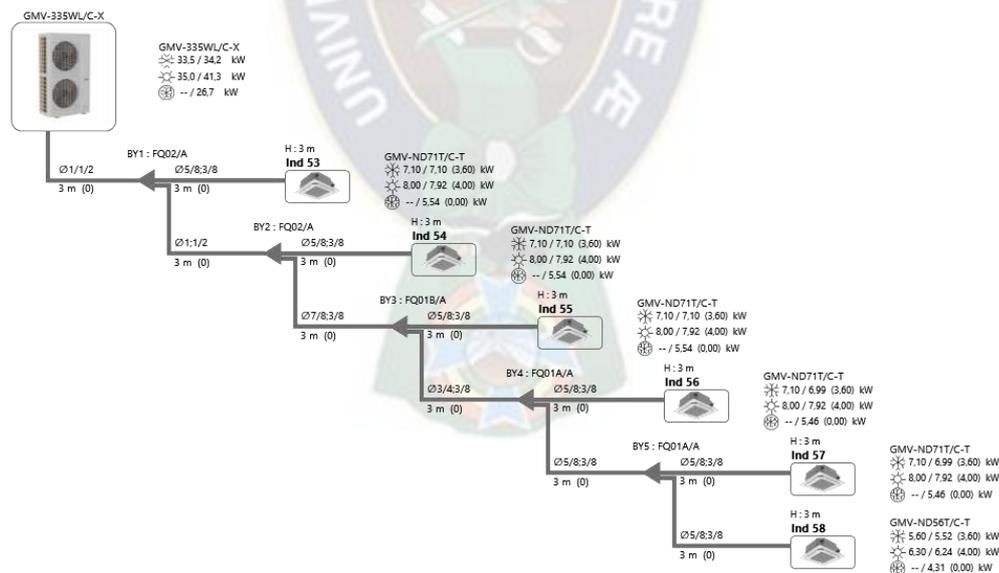
Como se mencionó anteriormente, el proceso de montaje requiere de soportes con perfiles de acero de 2 mm a los cuales se asegura con una varilla roscada M8. Estos perfiles son fijados a las vigas estructurales de cada edificación.

Después de su fijación a la estructura y el montaje del equipo se realiza la conexión de la tubería de cobre que viene inserto en el equipo con la tubería conectada a la red que se conecta a la UE montada sobre la cubierta de la Estación Municipal. Este proceso requiere realizar soldadura con Nitrógeno y Plata. Además, como se hizo en la EM Agronomía, las UE fueron montadas con la ayuda de una grúa.

A diferencia de la Estación Central, en cada Estación Municipal solo tiene una Unidad Externa, ya que cumple con la demanda de todos los equipos de la estación.

Estos equipos se conectan siguiendo la lógica del diagrama mostrado en la figura 34.

Figura 35. Diagrama de instalación de la Estación Municipal Colcapirhua



Fuente: Empresa "Intermedio SRL"

Posterior a esto, se inyecta el gas refrigerante R-410a y se realiza el arranque del sistema de climatización, que contempla de las siguientes funciones:

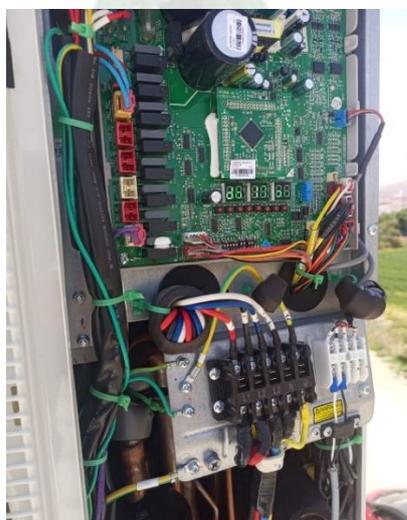
- Probar que todas las válvulas se encuentren abiertas. Presión del gas entre 115psi y 280 psi.
- Reconocimiento de las UI por medio de la computadora de la UE.
- Prueba de Modo Refrigeración.
- Prueba de Modo Calefacción, 20 minutos después de la prueba de refrigeración.

Figura 36. Preparación de Unidad Externa para montaje en cubierta



Fuente: Elaboración propia

Figura 37. Computadora interna de la Unidad Externa de climatización



Fuente: Elaboración propia

Cada UI es monofásica y requiere un disyuntor térmico de 6 A y cada UE es trifásica por lo que se utiliza un disyuntor térmico trifásico de 40 A.

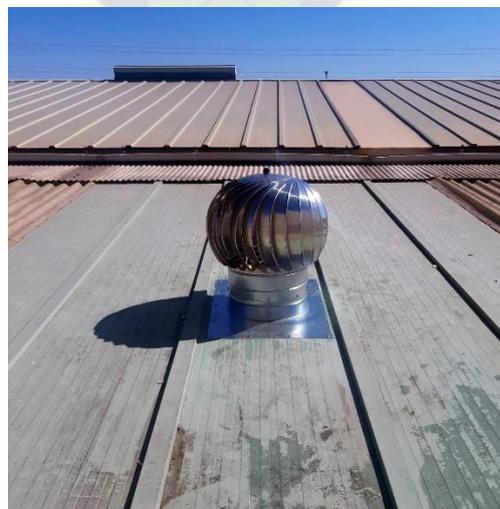
Finalmente, se realizó la instalación de los ductos de ventilación, los extractores en las cubiertas y las rejillas en los baños de cada Estación Municipal.

Figura 38. Rejillas de ventilación en baños



Fuente: Elaboración propia

Figura 39. Extractor de ventilación



Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Sistema Contra Incendios

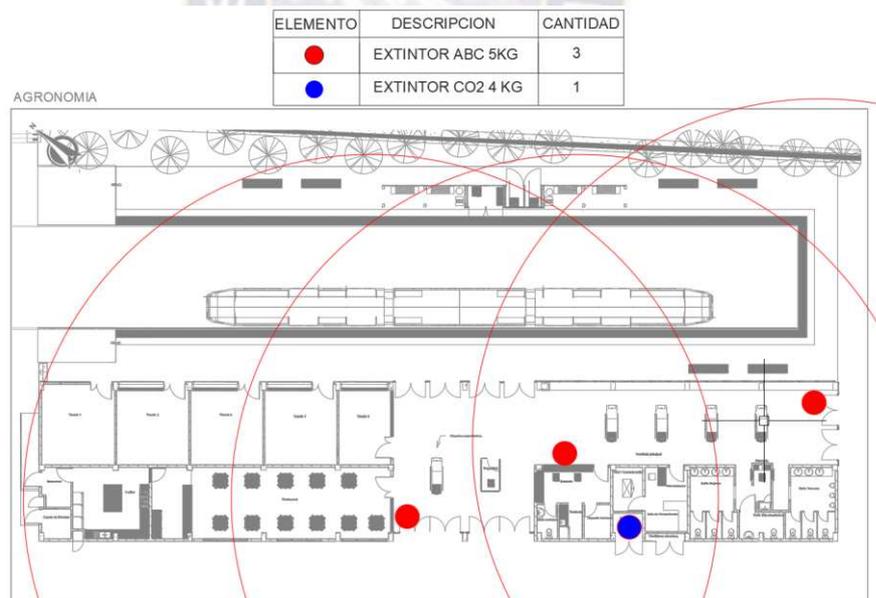
En este proyecto, el Sistema Contra Incendios se divide en 2: pasivo y activo. El sistema pasivo hace referencia a los extinguidores y tomas de bomberos. Sin embargo, el sistema activo consta del Sistema en Base a Agua y el Sistema de Detección y Alarma.

i) Etapa I

➤ Sistema Pasivo:

La provisión e instalación de los Extintores fue realizada por la empresa FANACIM en función al estudio de cargas de fuego que se realizó previamente por dicha empresa, como se puede ver en la siguiente figura.

Figura 40. Distribución de extintores en EM Agronomía



Fuente: FANACIM

Los soportes de pared y la señalización se hallan instalados según la norma NB 58002 – Extintores Portátiles contra incendios – Requisitos de selección, aprobación e inspección.

Estos fueron instalados como muestran las figuras a continuación:

Figura 41. Personal de FANACIM pegando señalización de ubicación de Extintor



Fuente: Elaboración propia

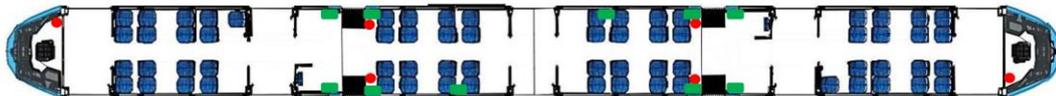
Figura 41. Extintor en apeadero de Línea Roja



Fuente: Elaboración propia

De igual manera, se hizo la instalación de extintores de 4 Kg en los trenes ya que según el diseño de estos mismos exige contar con 8 extintores por seguridad. La distribución de estos se detalla en la figura 42.

Figura 43. Distribución de extintores en cada tren



Fuente: BU 3181968 – Descripción técnica _ LRV Metelitsa B85601M

Figura 44. Extintor de 4Kg instalado en Tren



Fuente: Elaboración propia

Figura 45. Toma de bomberos



Fuente: Elaboración propia

Además, como se aprecia en la figura 44, la toma de bomberos juega un papel importante a la hora de la extinción de incendios y también está conectado al sistema de extinción en base a agua. Este componente se instala en todo el complejo de la Estación Central, Talleres y Cocheras y en cada Estación Municipal.

➤ **Sistema Activo:**

El sistema activo cuenta con dos subsistemas:

- Sistema de Extinción en Base a Agua: Este sistema cuenta con una red de tuberías montadas en el semisótano de la Estación Central.

Figura 46. Red de tuberías del Sistema Contra Incendios



Fuente: Elaboración propia

Esta red será alimentada por un tanque diseñado con una capacidad de 150 m^3 , destinado para la red extinción en base a agua.

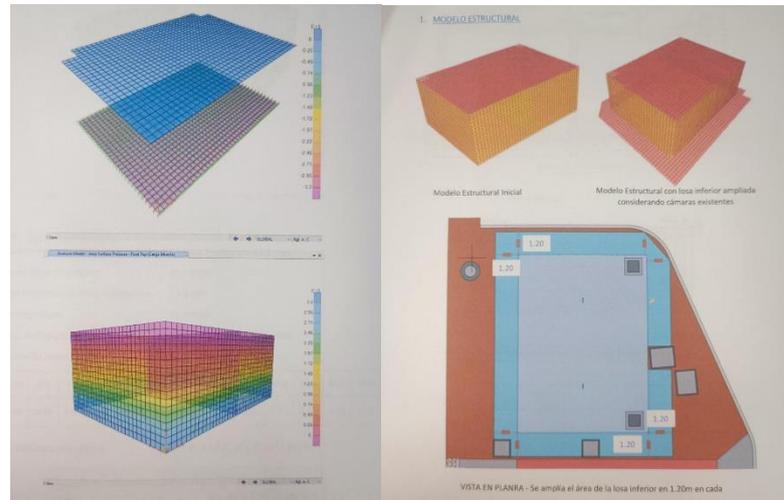
Figura 47. Construcción del tanque de agua para la red de extinción a base de agua



Fuente: Elaboración propia

Este tanque fue diseñado para soportar las presiones que el volumen de agua ejercerá en las paredes de dicha estructura.

Figura 48. Diseño y simulación de la estructura del tanque



Fuente: Elaboración propia

Además, este sistema cuenta con Raisers entre el suministro de agua y la tubería principal del sistema de rociadores, se hallan compuestos por un manómetro, un dren y un dispositivo de alarma de flujo de agua; estos se encargan del control de acceso de agua al sistema.

Figura 49. Raisers instalados en el semisótano de la Estación Central



Fuente: Elaboración propia

Los equipos encargados de suministrar el agua a lo largo de esta red se hallan ubicados en el Cuarto de Bombas.

Figura 50. Cuarto de bombas en proceso de instalación



Fuente: Elaboración propia

Además, se cuenta con los rociadores instalados a la red de tuberías montada en los entretechos de cada edificio como muestra el Anexo C.

Figura 51. Rociador de agua instalado en Estación Central



Fuente: Elaboración propia

Y finalmente, las mangueras de incendios de hallan instaladas en Estación Central.

Figura 52. Manguera de incendios



Fuente: Elaboración propia

- Sistema de Detección y Alarma: El sistema de detección y alarma se halla compuesto, principalmente, por dispositivos eléctricos, entre ellos se encuentran: los detectores de humo, las alarmas y los pulsadores manuales de doble acción. Estos dispositivos cuentan con un circuito eléctrico independiente, el cual se conecta a la red de control ubicada en cada estación y edificio que compone Talleres y Cocheras.

Figura 53. Dispositivo de alarma sonora



Fuente: Elaboración propia

Figura 54. Dispositivo de alarma sonora con luz estroboscópica



Fuente: Elaboración propia

Figura 55. Pulsador manual de doble acción



Fuente: Elaboración propia

Figura 56. Detector de humo



Fuente: Elaboración propia

ii) Etapa II

➤ **Sistema Pasivo:**

A diferencia de lo instalado previamente, no se realizó la instalación de más tomas de bomberos, pero se completó con la instalación de extintores en las estaciones municipales de Línea Verde y sus Apeaderos, en la Nave Principal, Almacén de Taller y Almacén de Inflamables, estos últimos pertenecientes a Talleres y Cocheras.

Figura 57. Extintores en el taller de Talleres y Cocheras



Fuente: Elaboración propia

Figura 58. Extintores en el taller de Talleres y Cocheras



Fuente: Elaboración propia

➤ **Sistema Activo:**

Los rociadores de Talleres y Cocheras se encuentran conectados a la red del complejo de edificios de Estación Central. Provisos de agua por el Cuarto de Bombas, el cual se encuentra completamente instalado con todos los componentes necesarios para alimentar a la red de Extinción en Base de Agua. Esta red está conectada al tanque con capacidad de 150 m³.

Figura 59. Tanque de agua potable de 150m³



Fuente: Elaboración propia

Figura 60. Conexión entre el tanque y el Cuarto de Bombas



Fuente: Elaboración propia

Figura 61. Cuarto de Bombas



Fuente: Elaboración propia

A diferencia de esta instalación, los rociadores de las Estaciones Municipales se hallan conectados a un tanque ubicado en la parte externa de cada estación.

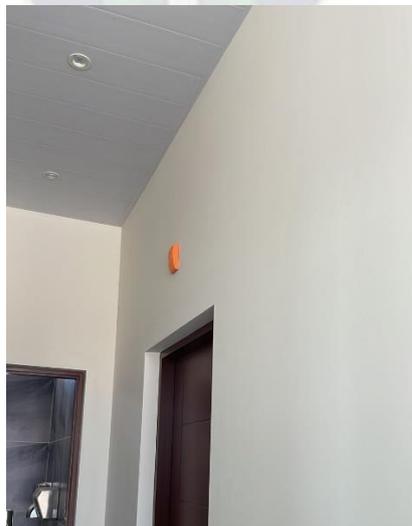
Figura 62. Rociador de agua instalado en Estación Municipal



Fuente: Elaboración propia

- Sistema de Detección y Alarma: Las alarmas sonoras, alarmas sonoras con luz estroboscópica, pulsadores manuales y detectores de humo se hallan instalados en cada ambiente cerrado de las Estaciones Municipales y oficinas en Talleres y Cocheras.

Figura 63. Dispositivos de Alarma Sonora en Estación Municipal



Fuente: Elaboración propia

Figura 64. Dispositivos de alarma en Estación Municipal



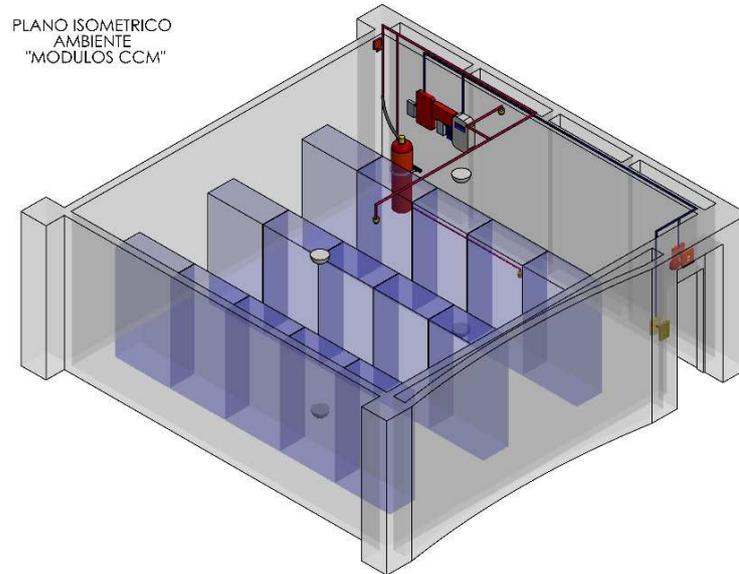
Fuente: Elaboración propia

Además, se instalaron sistemas activos más especializados, dependiendo del ambiente. Estos sistemas especializados se detallan a continuación:

- OCC (Data Center)

El Data Center en OCC es un recinto de acceso altamente restringido, donde se hallan instalados los Racks de Comunicación centrales, el sistema SCADA de control de Electrificación Ferroviaria y el controlador principal del Sistema de Señalización. Al tener este grado de importancia y considerando la delicadeza de los equipos instalados en este ambiente, se tiene un sistema de protección contra incendios especializado para ambientes con estas características, denominado *NOVEC 1230*. Este sistema cuenta con una red de detección debajo del piso técnico y el sistema de inyección del agente extintor instalado en el techo, como muestra la siguiente figura.

Figura 65. Diseño de instalación NOVEC 1230



Fuente: Empresa "SHYMA"

Figura 66. Componentes principales del sistema NOVEC 1230

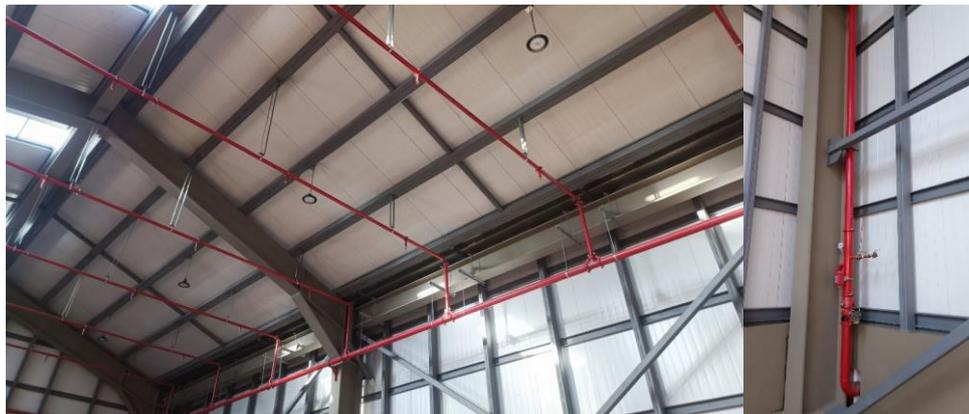


Fuente: Elaboración propia

iii) Almacén de Taller

En el almacén de Taller se tiene instalada una red de extinción en base a agua expuesta, la cual se conecta a la red principal de todo el complejo de ECSA y TyC.

Figura 67. Red de agua en Almacén de Taller



Fuente: Elaboración propia

iv) Subestaciones de media Tensión

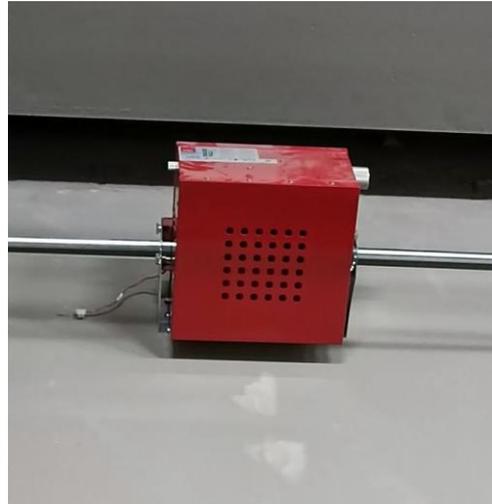
En las Subestaciones de MT se halla instalado el sistema *FIRE PRO*. Este sistema está diseñado para proteger los equipos delicados interrumpiendo las reacciones químicas en cadena que se producen en la llama sin dañar los transformadores de MT.

Figura 68. Sistema FIRE PRO



Fuente: Elaboración propia

Figura 69. Caja contenedora del agente del Sistema FIRE PRO



Fuente: Elaboración propia

Además, se halla instalado el panel de control de alarma de incendio de liberación HCVR-3, el cual activa secuencialmente los generadores de aerosol condensados para la supresión de incendio en caso de la detección de fuego. En la figura 70, se presenta este panel con sus alarmas y elementos de seguridad por bloqueo.

Figura 70. Panel de control HCVR-3



Fuente: Elaboración propia

v) Almacén de Inflamables

En el Almacén de Inflamables, se encuentra instalado el Sistema de Extinción mediante el *Agente Encapsulador F500*. Este agente cuenta con un aditivo que se mezcla con el agua, el cual, al entrar en contacto con el material combustible, lo encapsula, interrumpiendo las reacciones químicas en cadena y asfixiando el fuego.

La dosificación del agente será al 3% y el diluvio, en caso de incendio, será durante 10 minutos, por lo tanto,

$$3216 \frac{L}{min} \times 0,03 \times 10 \text{ min} = 964,8 L$$

Se instaló un tanque de 1000 Litros de agente, ubicado bajo tierra y conectado a la red de alimentación de agua SCI para el Almacén de Inflamables.

Figura 71. Instalación de la red de F500 en Almacén de Inflamables



Fuente: Elaboración propia

Tras haber finalizado la instalación de las redes SDA y SCI en las edificaciones señaladas, solo queda realizar las pruebas y puesta en marcha del sistema mediante el panel de control “Kidde VM-series” ubicado en cada recinto.

Figura 72. Panel de Control Kidde VM-Series



Fuente: Elaboración propia



4. CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

Los sistemas de climatización y sistemas contra incendios llegan a ser sistemas integrados dependientes de la construcción estructural y la función para la cual está destinada dicha estructura.

La instalación de este tipo de sistemas en un proyecto tan moderno, como lo es el Tren Metropolitano de Cochabamba, ha demostrado que, a pesar de utilizar nuevas tecnologías y sistemas especializados como el NOVEC 1230, FIRE PRO o el F500 para el control de incendios, o los Cassettes 360° para la climatización, la ingeniería dentro de la construcción maneja persistentemente los mismos principios básicos en el campo del confort y seguridad, puntos clave para el desarrollo de la ingeniería; los cuales con el pasar del tiempo y el avance tecnológico, simplemente incrementa la eficiencia de estos sistemas, que en el fondo mantienen las raíces tradicionales.

Participar en este tipo de proyectos, ha demostrado que la participación de la ingeniería va más allá del diseño y el desarrollo tecnológico, sino que tiene una gran cabida en la solución de problemas con los que uno llega a toparse con el avance de las obras civiles, además de la necesidad de aplicar conocimientos propios de la ingeniería para superar obstáculos que no son considerados en la etapa del diseño y el uso del ingenio para replantear los diseños en el momento de la construcción frente a lo que fue teóricamente diseñado. Es en este punto donde la ingeniería electromecánica demuestra su versatilidad en proyectos que engloban sistemas variados, como los eléctricos, electrónicos, estructurales y puramente mecánicos.



4.2. Recomendaciones

Para evitar los problemas en el momento de la instalación de cualquier sistema especial se recomienda coordinar con el personal encargado de la construcción de infraestructura civil o el personal de técnico encargado del diseño, tal que se pueda proporcionar toda la información necesaria para evitar que, durante el montaje de los equipos, tuberías y accesorios, se produzcan fallos por falta de espacio o cruzamiento con ductos o cables de otros sistemas complementarios a este.

Una buena herramienta que podría utilizarse para este fin y que, además, maneja datos en tiempo real, es el diseño BIM (Building Information Modeling – Modelado de la Información de Construcción). Esto podría mejorar la comunicación entre diferentes departamentos o áreas en los proyectos, y también, permitiría que todos manejen esta información actualizada. Evitando, de esa manera, que se manejen versiones diferentes de un mismo plano.



REFERENCIAS

ARNABAT, I. *Sistemas VRF, la climatización eficiente para edificios y locales – Infografía*. 2016. Calor y Frío website: <https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/aire-acondicionado-comercial/sistemas-vrf-climatizacion-eficiente-edificios-locales-comerciales-infografia.html>

ASOCIACIÓN ACCIDENTAL TUNARI. *Documento 4: Especificaciones Técnicas. Capítulo 3.13.1. Climatización y Ventilación*. Documento de Solicitud de Propuesta. 2017.

ASOCIACIÓN ACCIDENTAL TUNARI. *Documento 4: Especificaciones Técnicas. Capítulo 3.13.2. Sistema de Protección Contra Incendios*. Documento de Solicitud de Propuesta. 2017.

ESCALERAS ARIZONA. *¿De qué se compone un sistema contra incendios?* 2019. Escaleras Arizona website: <https://www.escalerasarizona.com/sistema-contra-incendios/>

ESPIÑEIRA, P. *Climatización: tipos de sistemas de climatización para locales industriales, comerciales y viviendas*. 2020. Calor y Frío website: <https://www.caloryfrio.com/images/articulos/aire-comercial/climatizacion-expansion-indirecta.webp>

FIREXT. *Sistemas de detección y alarmas*. 2023. Firext website: <https://www.firext.es/servicios/sistemas-de-deteccion-y-alarmas/>

GRUPO JOCA. *Quienes Somos*. 2022. Grupo Joca website: <https://www.joca.es/quienes-somos-2/>

MOLINARI RAIL AG. *About us*. 2022. Molinari website: <https://www.molinari-rail.com/portrait/about-us/>



PRECIOGAS. *Sistema VRV (VRF) de climatización*. 2021. PrecioGas website: <https://preciogas.com/instalaciones/equipamiento/aire-acondicionado/vrv#que-es-sistema-vrv>

SOLER Y PALAU. *Sistema contra incendios: medidas de prevención y jet fans*. 2019. Soler y Palau website: <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/sistema-contra-incendios/>

TECNITEX. *Qué son las Normas NFPA y diferencias con las Normas UNE o EN*. 2022. Tecnitex website: <https://tecnitexfire.com/blog/que-son-las-normas-nfpa-diferencias-con-normas-une-o-en/>



ANEXOS

CONVENIO MARCO DE COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL ENTRE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS - FACULTAD DE INGENIERIA – FACULTAD DE INGENIERIA Y LA ASOCIACIÓN ACCIDENTAL TUNARI

Conste por el presente Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional, que se suscribe al tenor de las siguientes cláusulas y condiciones:

PRIMERA: (DE LAS PARTES)

Concurren a la firma y suscripción del presente Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional:

1.1. La **ASOCIACIÓN ACCIDENTAL TUNARI**, conformada por las empresas: **JOCA INGENIERÍA Y CONSTRUCCIONES S.A. SUCURSAL BOLIVIA** y representada legalmente por el Ing. Marco Antonio Delgado Rojas, con Cédula de Identidad N° 3770441 Cba, mediante Testimonio Poder N° 182/22 y **MOLINARI RAIL AG SUCURSAL BOLIVIA**, representada legalmente por la Lic. Beatriz Baldiviezo Cuellar, con Cédula de Identidad N°4913323, mediante Testimonio Poder N° 689/2021 que en adelante y para fines del presente convenio se denominará “**ENTIDAD**”.

1.2. **LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS**, representada legalmente por el Ing. **Alejandro Martín Mayori Machicao**, con Cédula de Identidad N° 23374113 expedida en la ciudad de La Paz, designado como Decano mediante Resolución de Honorable Consejo Universitario N° 427/2022 de fecha abril 28 de Octubre de 2022, que en adelante y para fines del presente convenio se denominará “**UMSA**”.

A efectos del presente documento, las personas jurídicas identificadas en los numerales anteriores, serán denominadas en su conjunto como partes e individualmente como parte.

SEGUNDA: (ANTECEDENTES)

2.1. De la ENTIDAD:

La **ASOCIACIÓN ACCIDENTAL TUNARI**, conformada por las empresas: **JOCA INGENIERIA Y CONSTRUCCIONES S.A. SUCURSAL BOLIVIA** y **MOLINARI RAIL AG SUCURSAL BOLIVIA**, constituida ante Notaria de Fe Pública N° 52 del Distrito Judicial de Cochabamba, bajo el Testimonio N° 237/2017 de 19 de julio de 2017, titular del Proyecto de Construcción Tren Metropolitano de Cochabamba, cuyo cliente es el Ministerio de Obras Públicas Servicios y Vivienda.

2.2. De la UMSA:

Es una Institución de Educación Superior Pública del Estado Plurinacional de Bolivia, encargada de formar profesionales competentes a partir del desarrollo de las líneas académicas, de investigación e interacción social, para el beneficio de todos los sectores de la sociedad

boliviana, en el marco de la autonomía universitaria y el cogobierno, con el compromiso de asegurar la institucionalidad, transparencia, inclusión, equidad y calidad en sus procesos de gestión.

Creada como Universidad Menor de La Paz mediante Decreto de 25 de octubre de 1830, elevada al rango de la Universidad Mayor de San Andrés de La Paz de Ayacucho mediante D.S. de 13 de agosto de 1831, reconocida como persona colectiva de acuerdo al Artículo 52 del Código Civil y el Artículo 92 de la Constitución Política del Estado, con pertinencia y calidad en los procesos de enseñanza, aprendizaje, investigación y extensión, participa con liderazgo moral, científico, tecnológico y cultural, en los distintos niveles académicos.

Su Estatuto Orgánico aprobado por el 1er. Congreso Interno de la Universidad Mayor de San Andrés de 31 de octubre 1988 reconoce como Máxima Autoridad Universitaria al Rector; el cual constituye la Máxima Autoridad Académica, Ejecutiva, Representativa y Administrativa de la Universidad, según su Artículo 24. Asimismo, el Artículo 26 del citado Estatuto Orgánico reconoce como atribuciones del Rector, aquella de representar oficialmente a la Universidad.

2.3. Del Convenio:

Las partes suscriben el presente Convenio de Cooperación Interinstitucional, en el contexto del apoyo a la formación de profesionales a través de prácticas académicas, para promover y consolidar la realización de pasantías y trabajos dirigidos de estudiantes de diferentes Carreras de la UMSA.

TERCERA: (OBJETO DEL CONVENIO)

El presente Convenio tiene por objeto establecer líneas generales de cooperación que contribuyan al cumplimiento de los objetivos de la ENTIDAD y a la formación de estudiantes de la Carrera de Ingeniería Mecánica y Electromecánica dependiente de la Facultad de Ingeniería de la UMSA, a través de la realización de pasantías y trabajos dirigidos.

CUARTA: (DE LAS PASANTÍAS)

Se entiende por Pasantía, a las plazas que la UMSA establece para estudiantes de últimos años, a fin de que realicen prácticas en la ENTIDAD, la Pasantía es una experiencia que contribuye como primera forma de contacto con el mundo laboral, a completar la formación del estudiante con una práctica relacionada a su Carrera.

Asimismo, el estudiante seguirá cumpliendo sus responsabilidades académicas sin descuidarlas, desempeñando sus actividades únicamente en horario establecido por la ENTIDAD, pudiendo cumplir medio tiempo o tiempo completo de acuerdo a su disponibilidad.

La duración de la Pasantía variará según su naturaleza, las necesidades internas de la ENTIDAD y las disposiciones internas de cada Carrera de la UMSA.

QUINTA: (DE LOS TRABAJOS DIRIGIDOS)

Es una modalidad de graduación de carácter individual para acceder al nivel académico de Licenciatura, consistente en la realización de prácticas preprofesionales desarrolladas en la ENTIDAD, supervisadas y evaluadas por profesionales en calidad de tutores.

La dedicación de los estudiantes en las actividades desarrolladas en la ENTIDAD deberá ser exclusiva, debiendo concluirse el Trabajo Dirigido en el plazo máximo de ocho (8) meses.

SEXTA: (DE LA DESIGNACIÓN DE ESTUDIANTES)

La ENTIDAD, mediante la repartición respectiva dará a conocer formalmente con nota escrita dirigida al Decano de la Facultad de Ingeniería de la UMSA, el número de plazas disponibles para Pasantías y/o Trabajos Dirigidos, a fin de que en el plazo pertinente se envíe la nómina de postulantes, que cumplan con los requisitos y adjunten la documentación respectiva.

Las postulaciones aprobadas serán comunicadas de manera inmediata a las oficinas de Rectorado, para que este aspecto, se encuentre debidamente registrado en los archivos de la UMSA.

SÉPTIMA: (DE LAS OBLIGACIONES DE LAS PARTES).

Las partes se responsabilizan y comprometen al cumplimiento de las siguientes obligaciones:

7.1.La UMSA se compromete a:

- a)** Remitir oportunamente la nómina calificada y documentada de sus estudiantes según el requerimiento de la ENTIDAD.
- b)** Realizar procesos de selección responsable y transparente de acuerdo a sus normas y reglamentos internos, que tengan como única finalidad nominar a los mejores y más idóneos estudiantes para que ocupen las plazas de Pasantías y Trabajos Dirigidos.
- c)** Ejercer un seguimiento periódico a los alumnos designados como pasantes.
- d)** Asignar los tutores respectivos para que orienten y asesoren a las (los) postulantes a Trabajo Dirigido.

7.2.La ENTIDAD se compromete a:

- a)** Facilitar a los estudiantes la información, infraestructura y elementos requeridos para el desarrollo de las actividades acordadas en el marco del presente Convenio.
- b)** En el caso de Trabajo Dirigido, que representa una forma de titulación, designar a un Tutor con grado académico universitario igual o superior al que aspira el postulante siendo sus obligaciones:
 - Guiar y evaluar el cumplimiento del trabajo dirigido.
 - Facilitar los medios para el desarrollo del trabajo dirigido.
 - Organizar las actividades a desarrollar por el postulante durante su estancia en la institución.

- Supervisar las actividades del postulante garantizando que reciba la formación práctica correspondiente.
 - Emitir dos informes trimestrales y uno final, evaluando el desarrollo del trabajo dirigido.
- c) Entregar Certificados de Prácticas Profesionales, mismos que deben acreditar el tiempo y la experiencia laboral adquirida por cada estudiante.

OCTAVA: (DE LA NATURALEZA DEL CONVENIO)

El convenio que se suscribe no está sujeto a normas laborales vigentes, y por lo tanto no genera relación de dependencia obrero patronal entre la ENTIDAD y los estudiantes de la UMSA comprendidos dentro de las actividades de Pasantías y Trabajos Dirigidos.

De la misma manera ambas partes dejan plenamente establecido que tanto la ENTIDAD como la UMSA gozan de independencia de trabajo y de acción siempre en el marco de la coordinación cuando se trate de actividades conjuntas y en ningún caso se procederá a la fiscalización de acciones de una institución a la otra.

NOVENA: (CLÁUSULA DE CONFIDENCIALIDAD)

LA UMSA, se compromete a mantener la confidencialidad sobre toda la información que conozca o a la que tenga acceso con ocasión del presente convenio, con independencia del medio en cual se encuentre soportada. Se tendrá como información confidencial cualquier información no divulgada que posea legítimamente LA ENTIDAD y que pueda usarse en alguna actividad académica, productiva, industrial o comercial y que sea susceptible de comunicarse a un tercero. Sin fines restrictivos la información confidencial podrá versar sobre invenciones, modelos de utilidad, programas de software, fórmulas, métodos, know-how, procesos, diseños, nuevos productos, trabajos en desarrollo, requisitos de comercialización, planes de mercadeo, nombres de clientes y proveedores existentes y potenciales, así como toda otra información que se identifique como confidencial. La información confidencial incluye también toda información recibida de terceros o de los propios estudiantes que LA UMSA está obligado a tratar como confidencial, así como las informaciones orales que LA ENTIDAD identifique como confidencial.

DECIMA: (DERECHOS PATRIMONIALES Y DERECHOS DE EXPLOTACIÓN)

Se entiende que, por virtud del presente Convenio, opera la cesión en forma exclusiva, de los derechos patrimoniales o de explotación de los resultados que se generen en la ejecución del mismo, de una manera total y sin limitación alguna por todo el tiempo de protección legal del derecho de autor o de la

propiedad industrial. Se respetará el derecho moral de autor o inventor y demás titulares de derechos conforme a la norma vigente.

En virtud de lo anterior, LA ENTIDAD adquiere los derechos exclusivos de uso, reproducción, fabricación, adaptación, explotación, transformación, distribución, comercialización, traducción, disposición, exportación, edición, comunicación pública y en general cualquier derecho o forma de explotación o uso de los resultados por cualquier medio, sin que por ello haya lugar a pago alguno a favor de el o los estudiantes.

DECIMA PRIMERA: (DEL DOMICILIO DE LAS PARTES)

Todo aviso, solicitud, carta, comunicación o notificación que cualquiera de las partes efectúe en relación al presente convenio debe ser por escrito y se considerará realizada desde el momento en que la correspondencia se entregue al destinatario en los domicilios siguientes:

- La UMSA:
Av. Mariscal Santa Cruz N° 1175
La Paz – Bolivia
Teléfono: 2205000 Int.1003
- La ENTIDAD:
Dirección: c. ANTEZANA No. 847 Torre Atlanta Piso 5
Teléfono:4317386

DÉCIMA SEGUNDA: (MODIFICACIONES)

El convenio podrá ser modificado por consentimiento de las partes intervinientes, mediante comunicación escrita y aceptación mutua plasmada en la correspondiente Adenda.

DÉCIMA TERCERA: (VIGENCIA DEL CONVENIO)

El presente Convenio tendrá vigencia hasta que la ENTIDAD finalice o concluya su relación contractual con el Ministerio de Obras Públicas, Servicios y Vivienda - Construcción del Tren Metropolitano de Cochabamba, momento en el cual, la referida ENTIDAD iniciará su proceso de cierre y liquidación.

DÉCIMA CUARTA: (CAUSALES DE RESOLUCIÓN)

El presente Convenio podrá ser resuelto en caso de verificarse cualquiera de las siguientes situaciones:

- a) Por mutuo acuerdo de partes.
- b) Por cumplimiento del plazo establecido, si no mediara la renovación del Convenio.
- c) Por incumplimiento de cualquiera de las cláusulas de este Convenio.

En caso de que cualquiera de las partes decidiera resolver el convenio antes del plazo de su conclusión, dará aviso justificado y en forma escrita con dos meses de anticipación a la otra parte. Las actividades iniciadas y en curso de ejecución continuarán hasta que se cumpla el plazo predeterminado.

DÉCIMA QUINTA: (DE LA CONFORMIDAD)

Las partes manifiestan su plena conformidad con todas y cada una de las cláusulas que preceden al presente Convenio, obligándose a su fiel estricto cumplimiento, en fe de lo cual suscriben al pie en cuatro ejemplares de idéntico tenor y validez.

La Paz, a los seis días del mes de Diciembre de 2022.

Por la Universidad Mayor de San Andrés:



**Ing. Alejandro Martín Mayori Machicao
DECANO FACULTAD DE INGENIRÍA**

Por la otra Institución:



**Ing. Marco Antonio Delgadillo Rojas
REPRESENTANTE LEGAL
JOCA INGENIERÍA Y
CONSTRUCCIONES S.A.**



**Etc. Beatriz Baldivieso Cuellar
REPRESENTANTE LEGAL
MOLINARI RAIL AG SUCURSAL
BOLIVIA**

Cochabamba, 16 de agosto de 2023

INFORME DE TRABAJO DIRIGIDO

A: Ing. Edgar Tapia Terrazas
**DIRECTOR INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELECTROMECÁNICA – U.M.S.A.**

De: Ing. Eduar Orellana Alcazar
**ESPECIALISTA EN INSTALACIONES ESPECIALES Y
EQUIPAMIENTO INDUSTRIAL - AAT**



JOCA MOLINARI
Ing. Eduar Marcelo Orellana
ENCARGADO DE INSTALACIONES ESPECIALES Y EQUIPOS INDUSTRIALES
ASOCIACIÓN ACCIDENTAL TUNARI
TREN METROPOLITANO DE COCHABAMBA

**REF.: IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE
CLIMATIZACIÓN Y SISTEMA CONTRA INCENDIOS EN
EL PROYECTO DEL TREN METROPOLITANO DE
COCHABAMBA**

En la ciudad de Cochabamba, se dio inicio al proyecto de construcción del Tren Metropolitano en agosto del 2018, cuando el expresidente Evo Morales, junto a la Asociación Accidental Tunari, compuesta por con Grupo JOCA y Molinari Rail AG, inauguraban el inicio de las obras del primer tren eléctrico del país denominado Tren Metropolitano de Cochabamba.

Se calcula que el Tren ecológico de Cochabamba trasladará diariamente alrededor de 70.000 y 140.000 pasajeros. Cada tren por diseño alcanza los 80 km/h y tiene una capacidad para 376 pasajeros.

Siendo que el **Sr. Horacio Antonio Zubieta Alarcón**, alumno egresado de la Carrera de Ing. Electromecánica de la Universidad Mayor de San Andrés y en cumplimiento a la Resolución HFC N° 1177/2022 de 8 de diciembre de 2022, viene a la fecha realizando su trabajo dirigido en la Empresa Asociación Accidental Tunari en el Área de Edificaciones-Climatización y Sistema contra Incendios del Tren Metropolitano de Cochabamba y en calidad de TUTOR EXTERNO elevo el presente informe.

OBJETIVO

Implementar los sistemas de climatización y sistema contra incendios en cada edificio del Tren Metropolitano de Cochabamba.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Supervisar la instalación correcta de cada componente en los sistemas según se haya diseñado.
- Garantizar un ambiente confortable y seguro para los usuarios.
- Garantizar un ambiente seguro para el funcionamiento correcto de los equipos especializados y el almacenamiento de sustancias inflamables.
- Cumplir con las exigencias estandarizadas por las normas nacionales e internacionales de climatización, ventilación y sistemas contra incendios.
- Validar los sistemas instalados.

Tomando en cuenta los objetivos del proyecto denominado “**IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN Y SISTEMA CONTRA INCENDIOS EN EL PROYECTO DEL TREN METROPOLITANO DE COCHABAMBA**”, informo las siguientes actividades realizadas por el postulante durante el periodo de desarrollo del Trabajo Dirigido:

- **Sistema de climatización y ventilación:** Realizó el monitoreo y seguimiento de las actividades de implementación y puesta en marcha de los equipos componentes de este sistema. El postulante realizó el acompañamiento de estas actividades con las empresas Consulcad e Intermedio SRL, contratistas proveedores de los equipos para el sistema de Climatización y Ventilación para los ambientes del TMC.

La implementación involucró el montaje de equipos de climatización, entre condensadores y evaporadores, asimismo, las tuberías de cobre y los elementos de conexión. Además, los ductos para el sistema de ventilación en los baños y los elementos y equipos complementarios.

Dichas actividades fueron realizadas en los apeaderos y estaciones municipales de Línea Verde y Línea Roja, así como en los edificios que componen el complejo de Talleres y Cocheras y Estación Central. Cubriendo un aproximado de 35 Km desde la Estación Municipal Agronomía (Línea Roja) hasta la Estación Municipal Suticollo (Línea Verde).

- **Sistema Contra Incendios:** El postulante realizó el acompañamiento, monitoreo y seguimiento en la instalación de los dispositivos de Detección y Alarma y el tendido del cable de energía y comunicación de los paneles de control de este sistema. También monitoreó el montaje e instalación de los dispositivos de Extinción en Base de Agua, compuestos por los rociadores, tomas de bomberos e hidrantes. Además, realizó el control de la instalación de sistemas especiales para la supresión de incendios: NOVEC 1230, FirePro y Agente Encapsulante F500.

De igual manera, se hizo cargo del seguimiento en la construcción del tanque de 150m³ para la red de extinción en base de agua, la instalación de las tuberías y elementos y equipamiento que componen el Cuarto de Bombas.

CONCLUSIONES

En base a lo mencionado y en calidad de tutor externo, informo que el postulante Horacio Zubieta Alarcón, ha demostrado un excelente desempeño, cumpliendo responsable y proactivamente cada tarea y trabajo encomendado, demostrando que, durante este periodo, ha logrado entender y acumular la experiencia necesaria que requiere el desarrollo profesional de un ingeniero, además, el aprovechamiento de los conocimientos y recursos académicos que la universidad le ha proporcionado a lo largo de estos años. No está demás mencionar que el manejo de los idiomas extranjeros como el inglés, alemán y ruso, que tiene el postulante, le ha proporcionado la facilidad de comunicarse con los proveedores de los sistemas complementarios del proyecto, como Comunicación y Señalización Ferroviaria y Material Rodante, entre estos. El postulante presenta un interés destacable en los sistemas integrales de este proyecto, lo cual le proporcionará grandes oportunidades para su desarrollo profesional.

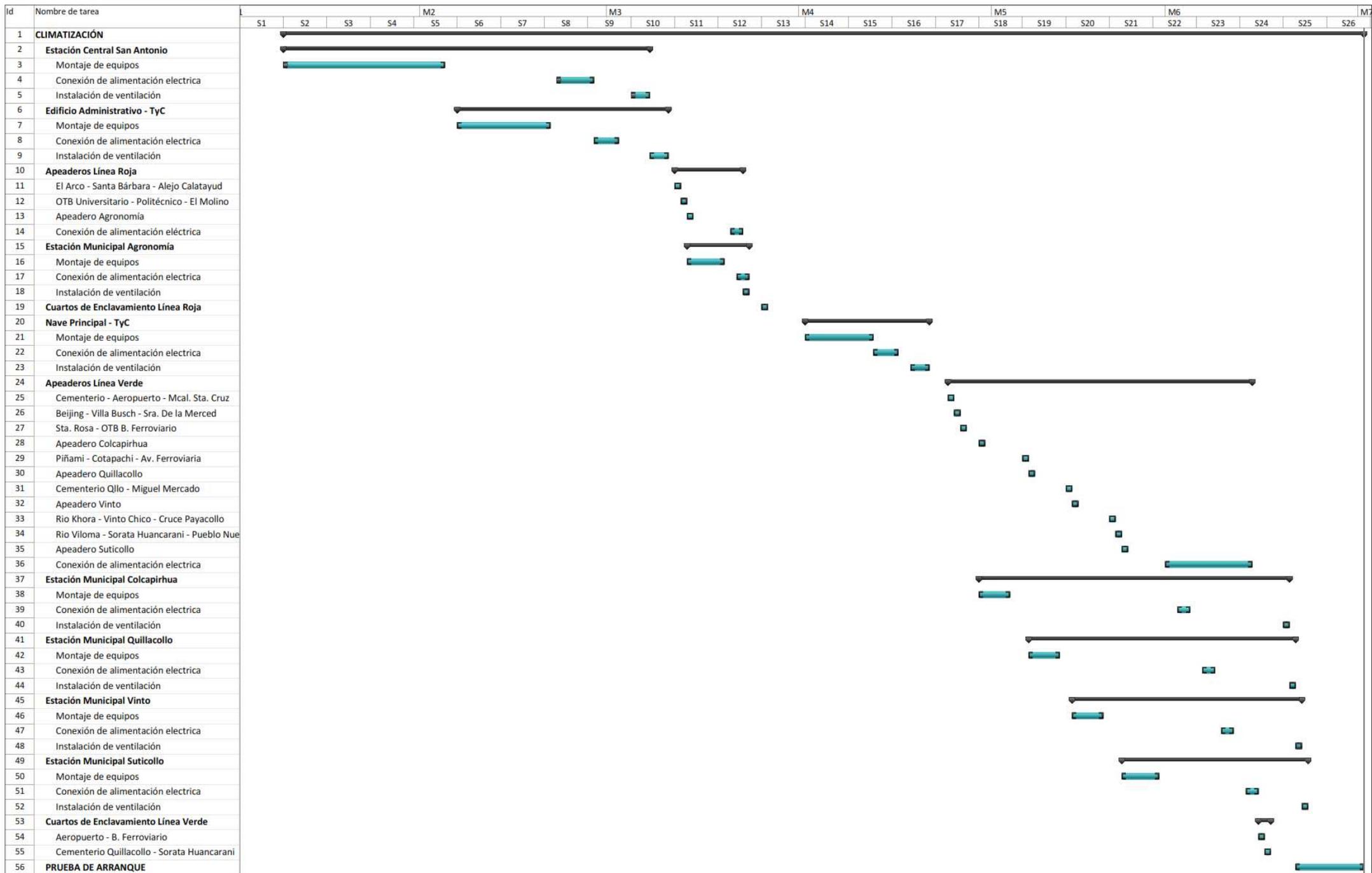
Habiendo dado cumplimiento con todas las tareas programadas en este periodo de tiempo y, además, como lo requiere la Resolución Universitaria, otorgo la calificación de EXCELENTE al Trabajo Dirigido realizado por el postulante Horacio Zubieta Alarcón.

Es cuanto informo para fines consiguientes.

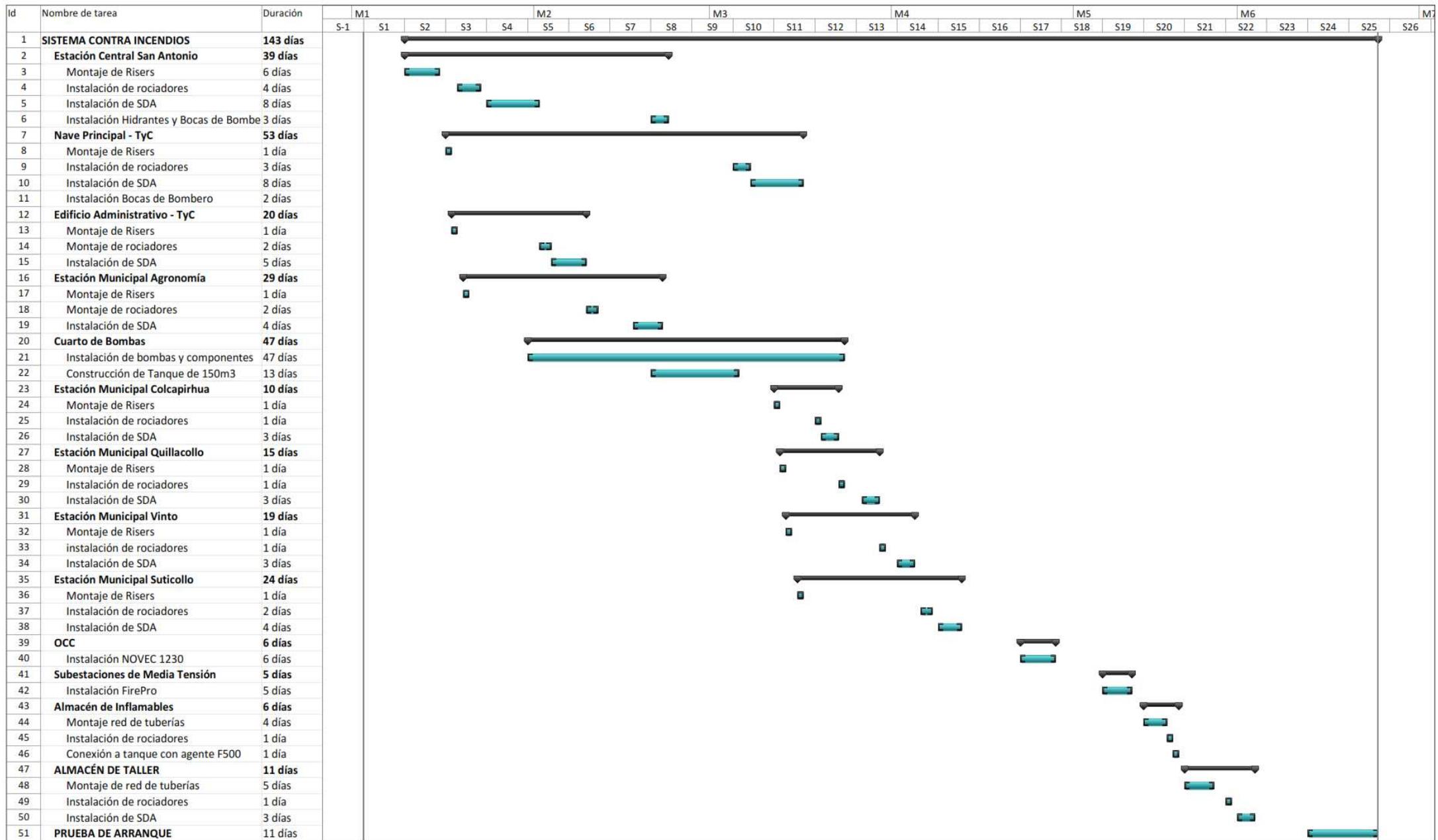


Ing. Eduar Orellana Alcazar
ESPECIALISTA EN INSTALACIONES ESPECIALES Y
EQUIPAMIENTO INDUSTRIAL - AAT
TUTOR EXTERNO

Adj./Inf. HAZA
c.c./AAT
c.c./FIEM
c.c./HAZA



	Tarea		Resumen		Hito externo		Resumen inactivo		Tarea manual		Informe de resumen manual		Sólo fin	
	División		Resumen del proyecto		Tarea inactiva		Tarea manual		Resumen manual		Fecha límite		Progreso	
	Hito		Tareas externas		Hito inactivo		Sólo duración		Sólo el comienzo		Progreso			



Tarea		Resumen del proyecto		Hito inactivo		Informe de resumen manual		Fecha límite	
División		Tareas externas		Resumen inactivo		Resumen manual		Progreso	
Hito		Hito externo		Tarea manual		Sólo el comienzo			
Resumen		Tarea inactiva		Sólo duración		Sólo fin			



ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE DESARROLLO
PRODUCTIVO Y ECONOMÍA PLURAL



2024-TTES-1157-D-1

**DIRECCIÓN DE DERECHO DE AUTOR
Y DERECHOS CONEXOS**
RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA NRO. 1-191-D/2024
La Paz, 28 de agosto de 2024

VISTOS:

La solicitud de Inscripción de Derecho de Autor presentada en fecha **26 de agosto de 2024** vía On-Line, por **HORACIO ANTONIO ZUBIETA ALARCÓN** con **C.I. N° 8346587 LP**, con número de trámite **DA 207-DIG/2024**, señala la pretensión de inscripción del Trabajo Dirigido titulado: **"IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN Y SISTEMA CONTRA INCENDIOS EN EL PROYECTO DEL TREN METROPOLITANO DE COCHABAMBA"**, cuyos datos y antecedentes se encuentran adjuntos y expresados en el Formulario de Declaración Jurada.

CONSIDERANDO:

Que, en observación al Artículo 4º del Decreto Supremo N° 27938 modificado parcialmente por el Decreto Supremo N° 28152 el "Servicio Nacional de Propiedad Intelectual SENAPI, administra en forma desconcentrada e integral el régimen de la Propiedad Intelectual en todos sus componentes, mediante una estricta observancia de los regímenes legales de la Propiedad Intelectual, de la vigilancia de su cumplimiento y de una efectiva protección de los derechos de exclusiva referidos a la propiedad industrial, al derecho de autor y derechos conexos; constituyéndose en la oficina nacional competente respecto de los tratados internacionales y acuerdos regionales suscritos y adheridos por el país, así como de las normas y regímenes comunes que en materia de Propiedad Intelectual se han adoptado en el marco del proceso andino de integración".

Que, el Artículo 16º del Decreto Supremo N° 27938 establece "Como núcleo técnico y operativo del SENAPI funcionan las Direcciones Técnicas que son las encargadas de la evaluación y procesamiento de las solicitudes de derechos de propiedad intelectual, de conformidad a los distintos regímenes legales aplicables a cada área de gestión". En ese marco, la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos otorga registros con carácter declarativo sobre las obras del ingenio cualquiera que sea el género o forma de expresión, sin importar el mérito literario o artístico a través de la inscripción y la difusión, en cumplimiento a la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, Ley de Derecho de Autor N° 1322, Decreto Reglamentario N° 23907 y demás normativa vigente sobre la materia.

Que, la solicitud presentada cumple con: el Artículo 6º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, el Artículo 26º inciso a) del Decreto Supremo N° 23907 Reglamento de la Ley de Derecho de Autor, y con el Artículo 4º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina.

Que, de conformidad al Artículo 18º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor en concordancia con el Artículo 18º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina, referentes a la duración de los Derechos Patrimoniales, los mismos establecen que: "la duración de la protección concedida por la presente ley será para toda la vida del autor y por 50 años después de su muerte, a favor de sus herederos, legatarios y cesionarios"

Que, se deja establecido en conformidad al Artículo 4º de la Ley N° 1322 de Derecho de Autor, y Artículo 7º de la Decisión 351 Régimen Común sobre Derecho de Autor y Derechos Conexos de la Comunidad Andina que: "...No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias, artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas ni su aprovechamiento industrial o comercial"

Que, el Decreto Supremo, N° 4218 del 14 de abril de 2020, regula el teletrabajo como una modalidad especial de prestación de servicios caracterizada por la utilización de Tecnologías de la Información y Comunicación - TIC, en los sectores públicos y privados, estableciendo a través



Oficina Central - La Paz
Av. Montes, N° 515,
entre Esq. Uruguay y
C. Batallón Illimani.
Telfs.: 2115700
2119276 - 2119251

Oficina - Santa Cruz
Av. Uruguay, Calle
prolongación Quijarro,
N° 29, Edif. Bicentenario.
Telfs.: 3121752 - 72042936

Oficina - Cochabamba
Calle Bolívar, N° 737,
entre 16 de Julio y Antezana.
Telfs.: 4141403 - 72042957

Oficina - El Alto
Av. Juan Pablo II, N° 2560
Edif. Multicentro El Ceibo
Ltda. Piso 2, Of. 5B,
Zona 16 de Julio.
Telfs.: 2141001 - 72043029

Oficina - Chuquisaca
Calle Kilómetro 7, N° 366
casi esq. Urriolagoitia,
Zona Parque Bolívar.
Telf.: 72005873

Oficina - Tarija
Av. La Paz, entre
Calle Ciro Trigo y Awaroa
Edif. Santa Clara, N° 243.
Telf.: 72015286

Oficina - Oruro
Calle 6 de Octubre, N° 5837,
entre Ayacucho
y Junín, Galería Central,
Of. 14.
Telf.: 67201288

Oficina - Potosí
Av. Villazón entre calles
Wenceslao Alba y San Alberto,
Edif. AM. Salinas N° 242,
Primer Piso, Of. 17.
Telf.: 72018160



ESTADO PLURINACIONAL DE
BOLIVIA

MINISTERIO DE DESARROLLO
PRODUCTIVO Y ECONOMÍA PLURAL

de su Artículo 12 que "con el objeto de implementar y, promover el teletrabajo, las entidades públicas, deben desarrollar e implementar una estrategia de digitalización para la atención de trámites y servicios en línea en el marco del Plan de Implementación del Gobierno Electrónico ...".

Que, mediante Resolución Administrativa N° 14/2020 del 22 de abril de 2020, el Director General Ejecutivo del SENAPI, Resuelve: "... Aprobar el Reglamento para trámites On-Line de la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos del Servicio Nacional de Propiedad Intelectual ..."

Que, el artículo 4, inciso e) de la ley N° 2341 de Procedimiento Administrativo, instituye que: "... en la relación de los particulares con la Administración Pública, se presume el principio de buena fe. La confianza, la cooperación y la lealtad en la actuación de los servidores públicos y de los ciudadanos ...", por lo que se presume la buena fe de los administrados respecto a las solicitudes de registro y la declaración jurada respecto a la originalidad de la obra.

POR TANTO:

El Director de Derecho de Autor y Derechos Conexos sin ingresar en mayores consideraciones de orden legal, en ejercicio de las atribuciones conferidas.

RESUELVE:

INSCRIBIR en el Registro de Tesis, Proyectos de Grado, Monografías y Otras Similares de la Dirección de Derecho de Autor y Derechos Conexos, el Trabajo Dirigido titulado: **"IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN Y SISTEMA CONTRA INCENDIOS EN EL PROYECTO DEL TREN METROPOLITANO DE COCHABAMBA"** a favor del autor y titular: **HORACIO ANTONIO ZUBIETA ALARCÓN** con **C.I. N° 8346587 LP**, quedando amparado su derecho conforme a Ley, salvando el mejor derecho que terceras personas pudieren demostrar.

Regístrese, Comuníquese y Archívese.

CASA/Im

Firmado Digitalmente por:
Servicio Nacional de Propiedad Intelectual - SENAPI
CARLOS ALBERTO SORUCO ARROYO
DIRECTOR DE DERECHO DE AUTOR Y DERECHOS CONEXOS
LA PAZ - BOLIVIA

Firma:



moo7k5K15Lnj6j

PARA LA VALIDACIÓN DEL PRESENTE DOCUMENTO INGRESAR A LA PÁGINA WEB www.senapi.gob.bo/verificacion Y COLOCAR CÓDIGO DE VERIFICACIÓN O ESCANEAR CÓDIGO QR.



Oficina Central - La Paz
Av. Montes, N° 515,
entre Esq. Uruguay y
C. Batallón Illimani.
Telfs.: 2115700
2119276 - 2119251

Oficina - Santa Cruz
Av. Uruguay, Calle
prolongación Quijarro,
N° 29, Edif. Bicentenario.
Telfs.: 3121752 - 72042936

Oficina - Cochabamba
Calle Bolívar, N° 737,
entre 16 de Julio y Antezana.
Telfs.: 4141403 - 72042957

Oficina - El Alto
Av. Juan Pablo II, N° 2560
Edif. Multicentro El Ceibo
Ltda. Piso 2, Of. 5B,
Zona 16 de Julio.
Telfs.: 2141001 - 72043029

Oficina - Chuquisaca
Calle Kilómetro 7, N° 366
casi esq. Urriagoitia,
Zona Parque Bolívar.
Telf: 72005873

Oficina - Tarija
Av. La Paz, entre
Calles Ciro Trigo y Avaroa
Edif. Santa Clara, N° 243.
Telf: 72015286

Oficina - Oruro
Calle 6 de Octubre, N° 5837,
entre Ayacucho
y Junín, Galería Central,
Of. 14.
Telf: 67201288

Oficina - Potosí
Av. Villazón entre calles
Wenceslao Alba y San Alberto,
Edif. AM. Salinas N° 242,
Primer Piso, Of. 17.
Telf: 72018160

HORACIO ANTONIO ZUBIETA ALARCÓN

hazubietaa@gmail.com

(+591)76575312