

DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO DE TEMPERATURA PARA CUARTOS
FRIOS EN LA PLANTA DE BENEFICIO AVICAMPO

HUGO GUERRERO PABÓN
JEISSON MAURICIO QUINTERO CARVALLIDO



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
ESPECIALISTA EN INGENIERIA DE REFRIGERACION Y CLIMATIZACIÓN
BUCARAMANGA

2018

**DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO DE TEMPERATURA PARA CUARTOS
FRIOS EN LA PLANTA DE BENEFICIO AVICAMPO**

HUGO GUERRERO PABÓN

JEISSON MAURICIO QUINTERO CARVALLIDO

**Trabajo de grado para optar al título de
Especialista en ingeniería de refrigeración y climatización**

Director

OMAR ARMANDO GELVEZ AROCHA

Ingeniero Mecánico

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA
BUCARAMANGA**

2018

DEDICATORIAS

“A Dios por darme la oportunidad de cumplir otra meta”

“A mi familia por ese apoyo incondicional durante mi desarrollo profesional y en la consecución de esta meta.”

“A mi compañero de proyecto que me guió por el camino de la refrigeración”

Jeisson Mauricio Quintero

“A mi esposa Kimberly Álvarez Martínez por su apoyo incondicional”

Hugo Guerrero Pabón

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	16
1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	17
1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.2 JUSTIFICACION PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA.....	18
1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO.....	21
1.3.1. Objetivo general:.....	21
1.3.2. Objetivos específicos	21
2 ESTADO DEL ARTE	22
2.1 Full Gauge de Brasil.....	22
2.1.2. ¿Qué es Sitrad?.....	23
2.1.2. Módulos de Sitrad:.....	23
2.2 Monitoreo inteligente	23
2.3 Telemetría Industrial:.....	24
3 INFORMACIÓN TÉCNICA DE LOS CUARTOS FRIOS.....	25
3.1 Túnel 1 y 2	25
3.1.2. Información técnica de equipos.	25
3.1.3. Cálculo térmico	29
3.2. Túnel 3 y 4	29
3.2.2. Información técnica de equipos.	29
3.3. Cálculo térmico	31

4. DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA DE MONITOREO DE TEMPERATURA.....	32
4.1. Tablero de control	32
4.2. Controladores.....	34
4.3. Sensores de temperatura.....	35
4.3.1. Ubicación sensores de temperatura.	36
4.4. Montaje de la red RS-485	41
4.5. Configuración de equipos.....	44
4.5.1. Controlador.	44
4.5.2. Computador	46
4.5.2.1. Local.	46
4.5.2.2. Remoto:.....	50
4.5.3. Móviles.....	54
4.5.4. Calibración y/o verificación de equipos.....	58
5. ANALISIS DE RESULTADOS	60
5.3. Mediciones	60
5.3.1. Datos de medición túnel 1	61
5.3.1.1. Datos sin software de medición (método manual).....	61
5.3.1.2. Datos con software de medición (Sitrad).....	66
5.3.2. Datos de medición del túnel 3.....	73
5.3.2.1. Datos sin software de medición (método manual).....	73
5.3.2.2. Datos con software de medición (Sitrad).....	80
5.4. Interpretación de los resultados	87
5.5. Otros resultados.....	89

5.5.1. Control de fallas en equipos:	89
5.5.2. Nivel operativo:	89
6. PROCEDIMIENTO DE CARGUE DE LOS TUNELES	91
7. DIFICULTADES Y RECOMENDACIONES	92
8. CORNOGRAMA.....	93
9. PRESUPUESTO	94
10. CONCLUSIONES	96
BIBLIOGRAFÍA.....	98
ANEXOS.....	99

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Vista superior/ frontal del túnel y distribución de sensores de temperatura.....	19
Figura 2. Placa del evaporador del túnel 1 y 2.....	26
Figura 3. Datos técnicos evaporador túnel 1 y 2-.....	26
Figura 4. Placa del condensador del túnel 1 o 2.....	27
Figura 5. Datos técnicos del condensador del túnel 1 y 2.....	28
Figura 6. Placa compresor túnel 1 o 2.....	28
Figura 7. Placa evaporador túnel 3 y 4.....	29
Figura 8. Placa condensador túnel 3 o 4.....	30
Figura 9. Foto compresor túnel 3 o 4.....	31
Figura 10. Tablero de control sistema Sitrad.....	32
Figura 11. Alojamiento para controladores FullGauge.....	33
Figura 12. Sensor NTC para Fullgague.....	36
Figura 13. Sondas de Penetración FullGauge.....	36
Figura 14. Temperaturas en distintas zonas de un cuarto frío.....	37
Figura 15. Vista de planta, distribución de los sensores de temperatura en túnel 1 y 2.....	38
Figura 16. Vista de planta, distribución de sensores de temperatura en túnel 3 y 4.....	39
Figura 17. Instalación sondas de penetración.....	40
Figura 18. Base soporte para la instalación de las sondas de penetración.....	40
Figura 19. Instalación general red RS-485.....	41
Figura 20. Cableado de la red RS-485 en tablero de alojamiento de controladores.....	42
Figura 21. cableado de la red RS-485 con la CONV32.....	43
Figura 22. Asistente de instalación software SITRAD.....	46

Figura 23. Términos de aceptación del software SITRAD	46
Figura 24. Selección de directorio de instalación del software	47
Figura 25. Selección del acceso directo del software	47
Figura 26. Selección de tareas adicionales en la instalación.....	48
Figura 27.inicio de proceso de instalación del software.....	48
Figura 28. Progreso de instalación del software	49
Figura 29. Finalización proceso de instalación del SITTRAD	49
Figura 30.Asistente de instalación del Sitrad Remote.....	50
Figura 31. Selección carpeta de instalación del Sitrad Remote.....	50
Figura 32. Finalización proceso de instalación del software Sitrad Rometo	50
Figura 33. Inicio de Sitrad remoto.....	51
Figura 34. Creación de un nuevo servidor en Sitrad remoto.....	52
Figura 35. Nuevo servidor con IP publica	52
Figura 36. Visualización del servidor AVICAMPO en servidores	53
Figura 37. Se crean los usuarios e ingresan a la información del software.	53
Figura 38. Configuración app del sitrad mobiel.....	54
Figura 39. Servidor configurado avicampo	55
Figura 40. Instrumentos instalados en el Sitrad	55
Figura 41. Temperaturas de las sondas instaladas en el túnel de congelación	56
Figura 42. Menú descriptivo para cada instrumento	56
Figura 43. Opción generar grafico del menú.....	57
Figura 44. Calibración de sensores	58
Figura 45. Grafica de comportamiento energético del túnel 1 con el método manual	65
Figura 46. Grafica de comportamiento energético del túnel 3 con el método manual	79
Figura 47. Pantalla en taller de mantenimiento Avicampo	90
Figura 48. Sonda penetración modificada	92

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Compatibilidad de controladores con el software SITRAD.....	34
Tabla 2. Distribución de sensores de temperatura en cada controlador	35
Tabla 3. Control túnel 1.....	44
Tabla 4. Control Túnel 2	44
Tabla 5. Control Túnel 3	45
Tabla 6. Control Túnel 4	45
Tabla 7. Registro de calibración de sensores de temperatura del software.....	59
Tabla 8. Registro y cálculo de datos de consumos energéticos túnel 1 método manual.....	62
Tabla 9. Tabla resumen de consumos energéticos del túnel 1 con la implementación del software	70
Tabla 10. Registro y cálculo de datos de consumos energéticos túnel 3 método manual.....	74
Tabla 11. Tabla resumen de consumos energéticos del túnel 3 con la implementación del software	83

ANEXOS

Pág.

ANEXO A. PROCEDIMIENTO DE CARGUE DE TUNELES DE CONGELACIÓN	100
ANEXO B. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION DE EQUIPOS	106
ANEXO C. Anexo Formato de verificación de termómetros	116

RESUMEN

TÍTULO: DISEÑO DEL SISTEMA DE MONITOREO DE TEMPERATURA PARA CUARTOS FRIOS EN LA PLANTA DE BENEFICIO AVICAMPO.

AUTORES: GUERRERO PABÓN Hugo.
QUINTERO CARVALLIDO Jeisson Mauricio**

PALABRAS CLAVES: Monitoreo de temperatura, cuartos fríos, túneles de congelación, telemetría.

DESCRIPCIÓN:

está basado en la necesidad de realizar seguimiento y verificación permanente de los productos precederos se hace importante, y más en plantas de procesamientos cárnicos, tales como avícolas y frigoríficos, el poder vigilar y controlar el proceso de conservación y congelación optimizando los tiempos de usos de los cuartos; forma de uso del equipo (cargue y descargue) donde la circulación de aire dentro del cuarto y el producto es vital para el buen rendimiento del proceso.

Actualmente la planta de beneficio Avicampo y específicamente la operación en la congelación de producto cárnico se efectúa con ciertas deficiencias, funciona en base a lineamientos según la experticia de operarios o el famoso prueba y error, es decir, después de cargar con cierta cantidad de producto un túnel de congelación, el operario según su experiencia de trabajo con cada uno de los túneles y después de otorgarle un tiempo determinado para la congelación, decide ingresar al túnel y medir la temperatura interna del producto para corroborar temperatura de -18 grados Celsius.

La implementación de este sistema ayuda de gran manera a los operarios del área de mantenimiento a prever, diagnosticar y solucionar eventualidades en los equipos en tiempo real y oportuno, y así dar la satisfacción requerida al cliente en los tiempos de entrega del producto final.

Permite que mayor cantidad de personas estén realizando seguimiento por medio de pantallas en computadoras conectadas de manera remota y aplicativo en equipos móviles.

Todo un sistema versátil y seguro de usar dando confiabilidad y confianza a los interesados en el proceso de congelación en la planta de producción.

** Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director Omar Armando Gelvez.

ABSTRACT

TITLE: DESIGN OF THE TEMPERATURE MONITORING SYSTEM FOR COLD ROOMS AT THE AVICAMPO BENEFIT PLANT.

AUTHORS: GUERRERO PABÓN Hugo.
QUINTERO CARVALLIDO Jeisson Mauricio**

KEYS WORDS: Monitoring of temperature, cold rooms, freezing tunnels, telemetry.

DESCRIPTION:

It is based on the need to carry out permanent monitoring and verification of the previous products becomes important, and more in meat processing plants, such as poultry and refrigerators, the power to monitor and control the process of conservation and freezing optimizing the times of uses of the rooms; how to use the equipment (load and unload) where the circulation of air inside the room and the product is vital for the good performance of the process.

Currently the Avicampo benefit plant and specifically the operation in the freezing of meat product is made with certain deficiencies, works based on guidelines according to the expertise of operators or the famous trial and error, that is, after loading with a certain amount of product a freezing tunnel, the operator according to his work experience with each of the tunnels and after granting him a certain time for freezing, he decides to enter the tunnel and measure the internal temperature of the product to corroborate temperature of -18 degrees Celsius.

The implementation of this system greatly helps operators in the maintenance area to anticipate, diagnose and solve eventualities in the equipment in real time and timely, and thus give the required satisfaction to the customer in the delivery times of the final product.

Allows more people to be tracking through screens on computers connected remotely and applicative mobile teams.

A versatile and safe system to use, giving reliability and confidence to those interested in the freezing process in the production plant.

** Faculty of Physical-Mechanical Engineering. Mechanical Engineering school. Director Omar Armando Gelvez.

INTRODUCCIÓN

La necesidad de realizar seguimiento y verificación permanente de los productos precoderos se hace importante, y más en plantas de procesamientos cárnicos, tales como avícolas y frigoríficos, el poder vigilar y controlar el proceso de conservación y congelación optimizando los tiempos de usos de los cuartos; forma de uso del equipo (cargue y descargue) donde la circulación de aire dentro del cuarto y el producto es vital para el buen rendimiento del proceso.

La eficiencia energética se refleja al final del proceso en mayores dividendos para la compañía o empresa que opta por realizar seguimientos a los Usos Significativos de la Energía (USE) y el compromiso ambiental responsabilidad de Corporativo como pilar de una industria limpia y amigable con el Medio Ambiente.

Las fallas técnicas de los equipos es factor importante durante el proceso, verificar en tiempo real y actuar de forma oportuna es la clave para optimizar y lograr los objetivos de tiempo y temperatura de entrega de producto, para satisfacer al cliente final (departamento de despacho y logística), y estos a su vez cumplir con los cronogramas establecidos de entrega.

1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

La refrigeración es el conjunto de procesos que se destinan para mantener un área de interés a una temperatura inferior en comparación al ambiente circundante. Las aplicaciones se despliegan desde la conservación, almacenamiento, congelación y transporte de alimentos, confort, pasteurización, fabricación de medicamentos etc. En la industria de refrigeración colombiana, es importante conocer a cada instante la temperatura de cada producto a refrigerar, es decir, si ingresamos un producto cárnico, el cuarto debe llevar y mantener ciertas condiciones de temperatura que garanticen inocuidad del producto. Hoy día el proceso de medición y seguimiento de la temperatura del cuarto se realiza de forma inadecuada, casi manual, ya que un operador ingresa al área refrigerada y con instrumentos de medición realiza tomas de temperatura al cuarto y principalmente al producto. Esta apertura e ingreso, genera perturbaciones e infiltraciones en el cuarto, incrementando los tiempos de permanencia del producto en procesos de congelado e incrementando la temperatura de producto en procesos de conservación.

Actualmente la planta de beneficio Avicampo y específicamente la operación en la congelación de producto cárnico se efectúa con ciertas deficiencias, funciona en base a lineamientos según la experticia de operarios o el famoso prueba y error, es decir, después de cargar con cierta cantidad de producto un túnel de congelación¹, el operario según su experiencia de trabajo con cada uno de los túneles y después de otorgarle un tiempo determinado para la congelación, decide ingresar al túnel y medir la temperatura interna del producto para corroborar temperatura de -18 grados Celsius². Este procedimiento nunca será efectivo porque no hay nada que garantice que en el primer intento el producto tendrá esta temperatura, generando así una serie de aperturas de puertas y

¹ El concepto de túnel estático de congelación se define en el marco conceptual.

² La temperatura aceptada según normatividad INVIMA para pollo congelado es -18C.

que se refleja en aumentos de consumo energético de los sistemas de refrigeración.

Existen más condiciones inherentes a la operación y operabilidad de los equipos que afectan la temperatura final requerida para el pollo congelado:

1. Depende de la temperatura de ingreso del producto.
2. La distribución del producto dentro del túnel.
3. Los diferentes tipos de producto.
4. Las condiciones óptimas de trabajo de los equipos, las eventualidades que se presenten en los equipos y las condiciones climáticas externas.

La no entrega del producto genera costos operativos³ por tiempos muertos para retirar el producto a su temperatura ideal, insatisfacción con el cliente y llamados de atención hacia el personal de mantenimiento.

1.2 JUSTIFICACION PARA SOLUCIONAR EL PROBLEMA

La congelación en la planta de beneficio de Avicampo corresponde a un pilar muy importante dentro del proceso productivo, porque un gran porcentaje de clientes solicitan producto de esta característica. Sin embargo, existen procedimientos inapropiados en la manipulación de los túneles de congelación:

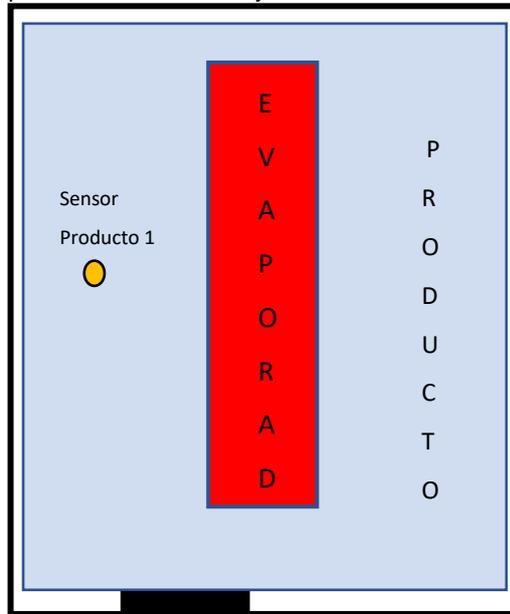
1. Cargue del producto: no existe un lineamiento o procedimiento de la distribución del producto dentro de los túneles, es decir, la acomodación de canastas, los tipos de producto y la cantidad de producto.
2. Verificación de la temperatura del producto para iniciar el descargue del bache de congelación. Es decir, la incertidumbre del instante en que el producto haya alcanzado su temperatura mínima requerida.

Mediante el diseño y construcción de una forma más apropiada en la medición y monitoreo de temperatura, se pretende demostrar el mejoramiento en los procesos de congelación y refrigeración, debido a que este sistema contará con

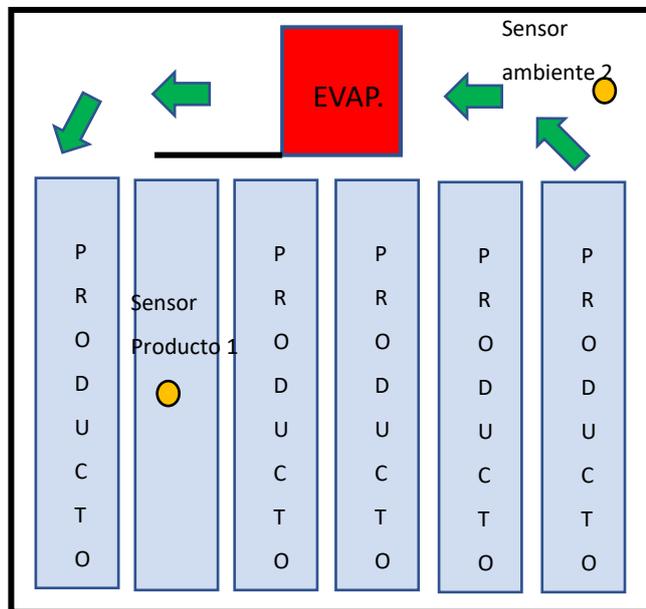
³ Costos operativos, son los gastos generados en la operación de despachos del producto. Ver marco conceptual.

sensores de temperatura ambiente y sensores de tipo penetración en los productos tal y como se observa en la figura 1 y 2, ofreciendo visualización real de la temperatura y asertividad en el inicio de descarga del túnel.

Figura 1. Vista superior/ frontal del túnel y distribución de sensores de temperatura.



- Producto congelado
- Sensor de temperatura



- Producto congelado
- Sensor de temperatura

La implementación del sistema de monitoreo de temperatura, cambiará el procedimiento de medición de temperatura del producto, ya que el operario o funcionario de calidad evitará las aperturas innecesarias para comprobar la temperatura del producto, sino que se verificará a través de sistemas digitales de visualización en el interior de la planta. Este sistema permitirá realizar un análisis comparativo de tipo energético y operativo, ya que se reducirán las aperturas innecesarias en los túneles, reduciendo evidentemente las perturbaciones lo cual se refleja en:

- a) Si se realiza una medición de energía antes de implementar el sistema y después de hacerlo, podremos obtener resultados positivos de eficiencia energética.
- b) Una mejora en la eficiencia en el despacho de los productos y reducción de tiempos de entrega y costos operativos, ya que aumentaremos el asertividad en el alcance de la temperatura mínima requerida del producto congelado (-18C).
- c) El sistema permitirá registrar una medición continua desde el instante en el que se carga de producto el cuarto hasta cuando ya alcanza el objetivo. Esta base de datos reflejará el comportamiento de temperatura ante cualquier perturbación generada durante su proceso de congelación o conservación según corresponda.

Como se mencionó anteriormente, en la planta de beneficio Avicampo, la no salida del producto a temperatura adecuada, implica situaciones no deseadas y costos operativos innecesarios, sin embargo, en muchas ocasiones se podrían prever a través de un sistema de monitoreo de temperaturas en el producto y en el ambiente del túnel de congelación. Este sistema también justifica y entrega conclusiones acerca de los rendimientos de congelación y fallas en los equipos, determinando eficazmente cualquier comportamiento erróneo en los sistemas.

1.3 OBJETIVOS DEL TRABAJO DE GRADO

1.3.1. Objetivo general:

- ✓ Diseñar un sistema de monitoreo de temperatura para cuartos fríos y refrigerados en frigoríficos y avícolas.

1.3.2. Objetivos específicos

- ✓ Investigar el estado del arte de tecnología existente en el monitoreo de temperatura aplicados a cuartos fríos en Colombia.
- ✓ Diseñar el sistema de monitoreo que registre en una base de datos la temperatura del sistema ambiente del túnel y el producto, para el seguimiento en tiempo real y graficar esta tendencia.
- ✓ Diseñar un procedimiento de cargue, descargue y uso del túnel de congelación, incluyendo rutinas de mantenimiento.
- ✓ Realizar un análisis comparativo en el procedimiento actual de la medición de temperatura del producto congelado y la medición después de la implementación del sistema de monitoreo basado en costos operativos y eficiencia energética.

2 ESTADO DEL ARTE

Se puede encontrar en el mercado nacional algunas formas (equipos y software) para el control y supervisión de temperaturas, entre ellas de bajo y/o alto costo; los equipos desarrollados en Colombia se basan más en seguimiento de rutas de vehículos a nivel satelital (logística de transporte), supervisando la temperatura de cámara como un segundo nivel de interés, es objetivo es vigilar la carga para evitar robos y atracos al transportista.

Los equipos de monitoreo temperatura son importados, es necesario adquirir una licencia o plataforma de funcionamiento.

Dentro de las empresas en el país que han desarrollado equipos propios y su plataforma que se hayan interesado por el comportamiento de la temperatura en cuartos estacionarios fue MONITOREO INTELIGENTE, las demás es a seguimiento de rutas de entregas con GPS.

En tal motivo se determina hablar de dos empresas muy importantes una a nivel internacional y una a nivel nacional y se describen de la siguiente manera:

- Full Gauge de Brasil y
- Monitoreo Inteligente en Colombia.

2.1 Full Gauge de Brasil

Los Instrumentos Full Gauge, son de origen brasilero, con una amplia gama de equipos digitales para sistemas de automatización industriales, comerciales y residenciales, soluciones para refrigeración, calefacción, climatización y calefacción solar con productos en conformidad con directrices, normas y certificaciones internacionales, como UL, CE, NSF y las ISO 9001 y 14001.

2.1.2. ¿Qué es Sitrad?. El Sitrad es el software de Full Gauge Controls para administración a distancia de las instalaciones de refrigeración, calentamiento, climatización y calentamiento solar. Él atiende las más rígidas exigencias del mercado porque lo actualiza constantemente el equipo de ingeniería de Full Gauge Controls especialmente dedicado para eso. Versátil, accede tanto local como remotamente a instalaciones de los más diversos segmentos, desde redes de supermercados, frigoríficos y restaurantes, hasta hoteles, hospitales, laboratorios, residencias, entre otros.

Él evalúa, configura y almacena, continuamente, datos de temperatura, humedad, tiempo, presión y voltaje, permitiendo la modificación de los parámetros de operación de los instrumentos con total seguridad y precisión, de cualquier lugar del mundo, vía Internet, a través de la computadora o celular.

2.1.2. Módulos de Sitrad: a continuación, se enuncia los módulos sitrad disponibles:

Módulo Local: Es el módulo que debe ser instalado en la computadora donde están conectados los controladores a través de una interfaz convertidora, es decir, es el software que será instalado próximo a los controladores.

Módulo Remote: Es el módulo que comunicará con el Sitrad Local. Él debe ser instalado en una computadora remota con acceso a la Internet, permitiendo al usuario la visualización, a distancia, de las informaciones del Sitrad Local.

Sitrad Mobile: Es una aplicación Java que permite el acceso al Módulo Local a través de un celular. El posee las funcionalidades del Módulo Remoto, pero de una forma más restringida.

2.2 Monitoreo inteligente

Empresa Colombiana con más de ocho (8) años, prestando los siguientes servicios:

- Rastreo vehicular y
- Telemetría industrial.

El interés de investigación está relacionado con la telemetría.

2.3 Telemetría Industrial: El sistema de monitoreo, asegura el buen estado de productos perecederos como: Lácteos, cárnicos, flores, pulpas de fruta, etc. Se Informa directamente y en forma automática vía sms al celular de las personas responsables, adicional, informan la ocurrencia de cualquier evento predefinido como: aperturas de puerta, activación de alarma por compresores y alimentación, aumento o disminución de temperaturas, activación de cualquier proceso o evento monitoreado

Registra periódicamente hora, fecha y valor de la variable, 8 análogas (temperatura, humedad, presión, entre otras) dependiendo del tipo de unidad elegida y hasta 7 entradas digitales (sensor puerta, señal de compresor, termo, etc), administrando eficientemente los diferentes procesos de refrigeración y congelación, garantizando la calidad de los productos almacenados, alertando a los contactos responsables sobre novedades de variables por fuera de los parámetros establecidos.

3 INFORMACIÓN TÉCNICA DE LOS CUARTOS FRIOS

Los cuartos y túneles de congelación fueron construidos en la primera década del 2000, estos sistemas no poseen memorias de cálculos y/o registros que evidencien las buenas prácticas para el diseño e instalación de estos.

Se procede a levantar la información de cada uno de los elementos instalados, y se determina que los túneles de congelación son identificados con la siguiente nomenclatura:

Túnel #1

Túnel #2

Túnel #3

Túnel #4

Los túneles estacionarios 1 y 2, son cuartos con características de capacidades frigoríficas y dimensiones totalmente idénticas, lo mismo sucede con el túnel 3 y 4.

3.1 Túnel 1 y 2

3.1.2. Información técnica de equipos. se cuentan con los siguientes equipos:

Evaporador: Se cuenta con evaporador modelo GCO N, fabricante Gunther, según imagen tomada del equipo

Figura 2. Placa del evaporador del túnel 1 y 2

Número de proyecto	501422
Descripción de la unidad	GCO N/004/040/7.00/3615/ARS/1
Número de producción	300/129629.0001
Año de manufactura	2005
max./min. presión tolerada PS	28bar/ -- 1bar
max./min. temperatura tolerada TS	100°C/ -50°C
Presión en prueba PT	30.8 bar
Fecha de prueba	31/08/2005
Medio de prueba	Aire a presión
Volumen V	112.3 L
Ventilador	VTO1190U

Este modelo de serpentín no está siendo usado para el cual fue diseñado, como se observa en la siguiente imagen tomada del catálogo del fabricante.

Figura 3. Datos técnicos evaporador túnel 1 y 2-



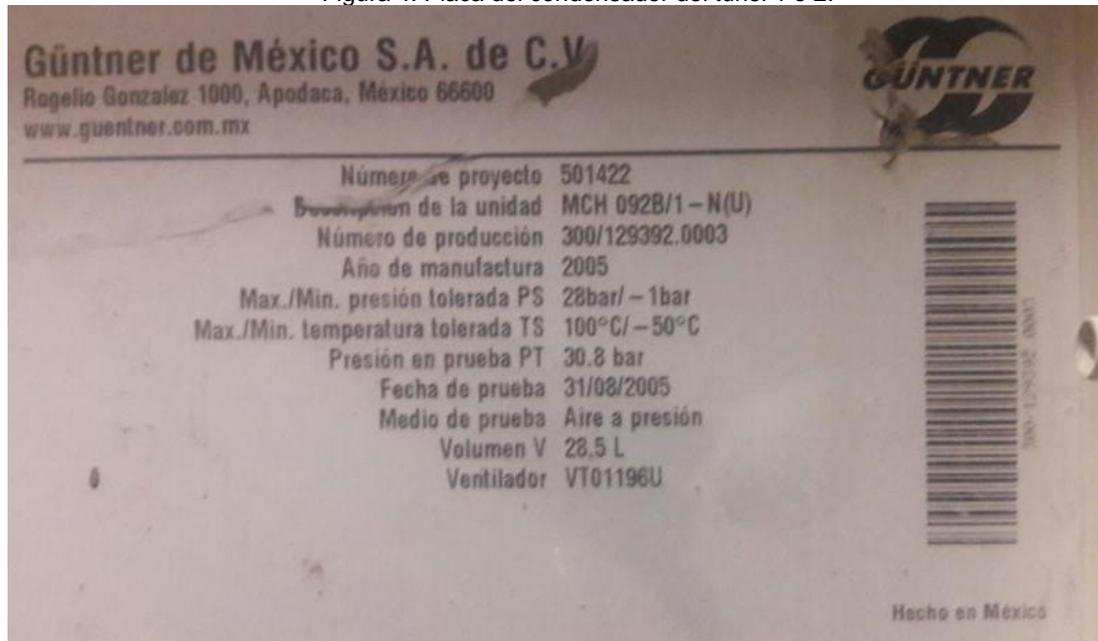
GCO Serpentine

Aplicaciones:	Refrigeración, aire acondicionado, procesos, enfriamiento, calefacción
Medios:	Todos los refrigerantes, incluyendo NH ₃ y CO ₂
Dimensiones (L x A):	Desde 250mm x 50 mm hasta 12,000 mm x 2,300 mm

Esto influye en el rendimiento y la eficiencia en el proceso de congelación. Actualmente se evidencia el escarchado constante de los serpentines debido a la cantidad de aletas por pulgada, adicionalmente a estos equipos no les funciona el sistema de deshielo por resistencias.

Condensador

Figura 4. Placa del condensador del túnel 1 o 2.



Marca: Guntner
Modelo: MCH 092B/1- N(U)
MCH: condensador enfriado por aire (axial)
092: diámetro del ventilador 36 pulgadas
B/: tipo de modulo
1: uno (1) ventilador
N: nivel de ruido estándar
U: 3 fases/ 230 Voltios / 60 Hertz

Otra información:

Flujo de aire: 13,890 Cfm
Área de superficie: 2,219 pies cuadrados (ft²)
Capacidad de trabajo (DT): (20) 19,2 TR = 230.400 Btu/hr

Figura 5. Datos técnicos del condensador del túnel 1 y 2.



MCH/MCV Condensadores enfriados por aire (axiales)

Aplicaciones:	Rechazo de calor
Rango de capacidades:	9,072 - 1,149,120 Kcal/h 3 TR - 380 TR
Refrigerante:	Para todos los refrigerantes, excepto NH ₃

Icons: A red circle with a dot, a purple wheel, a grey star, and a green umbrella.

Compresor

Figura 6. Placa compresor túnel 1 o 2.



Marca: Copeland
 Modelo: 6DT3A300E-TSK-200
 Capacidad: 107.482,47 Bth/hr
 Numero de compresores: 2

Refrigerante: R507a

3.1.3. Cálculo térmico

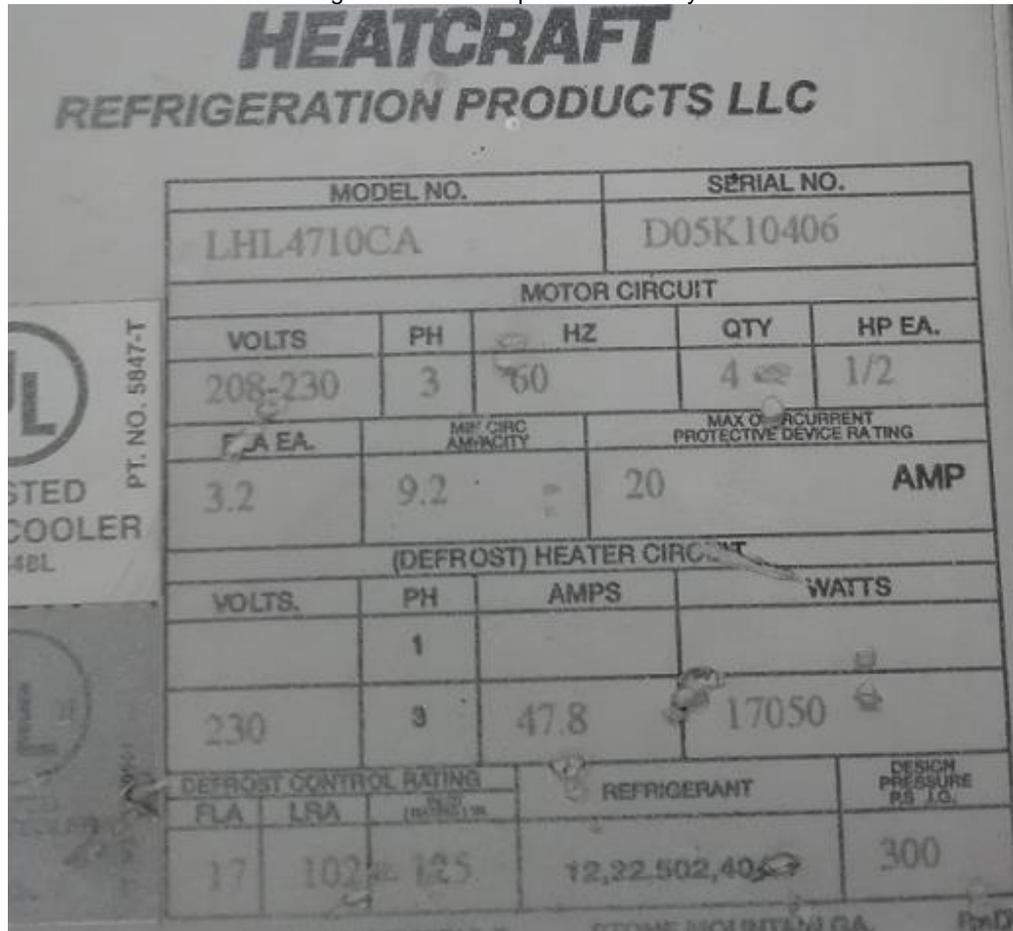
Descripción	modelo	cantidad	Capacidad total (Btu/hr)
Compresor	6DT3A300E-TSK-200	2	214.964,94
Evaporador	GCO N/004/040/7.00/315/ARS/1		180.000
Condensador	MCH 092B/1- N(U)	2	460.800

3.2. Túnel 3 y 4

3.2.2. Información técnica de equipos. los túneles 3 y 4 de la planta avicampo se cuentan con los siguientes equipos:

Evaporador

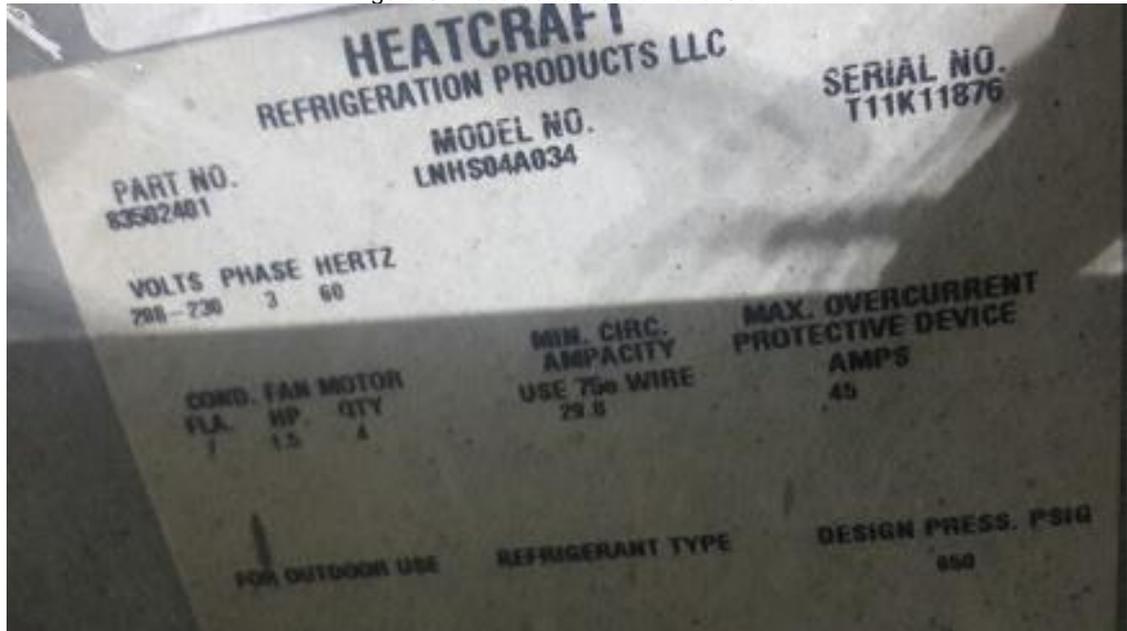
Figura 7. Placa evaporador túnel 3 y 4



Marca: HEATCRAFT
Modelo: LHL4710CA
Capacidad teórica: 186.000 Bth/hr.

Condensador

Figura 8. Placa condensador túnel 3 o 4.



Marca: Heatcraft
Modelo: LNHS04A034
Capacidad: 402.000 Btu/hr

Compresor

Figura 9. Foto compresor túnel 3 o 4.



Marca: Bitzer
Modelo: HSN6451-40
Capacidad Frigorífica: 206.434,5 Btu/hr

Refrigerante: R507

3.3. Cálculo térmico

Descripción	modelo	cantidad	Capacidad total (Btu/hr)
compresor	HSN6451-40	1	206.434,5
evaporador	LHL4710CA	1	186.000
condensador	LNHS04A034	1	402.000

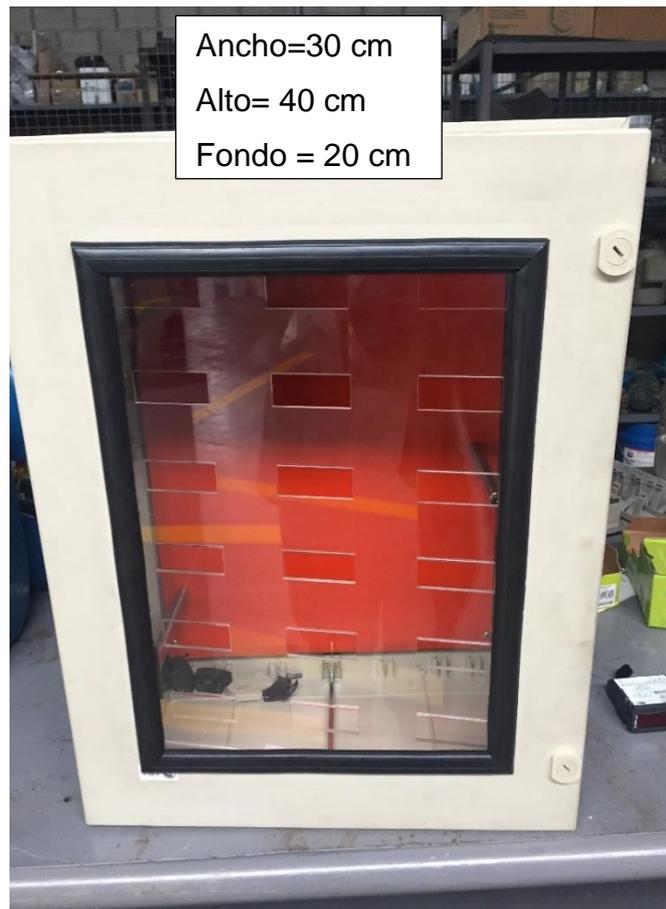
4. DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA DE MONITOREO DE TEMPERATURA

Se determina el uso de los controladores de Full Gauge por la versatilidad de instalación y economía, equipos de costo asequible y software libre de licencia de instalación y uso.

4.1. Tablero de control

El sistema de monitoreo de temperatura consta de un tablero de control, donde se instalarán los controladores Full Gauge compatibles con el software de gerenciamiento a distancia SITRAD.

Figura 10. Tablero de control sistema Sitrad

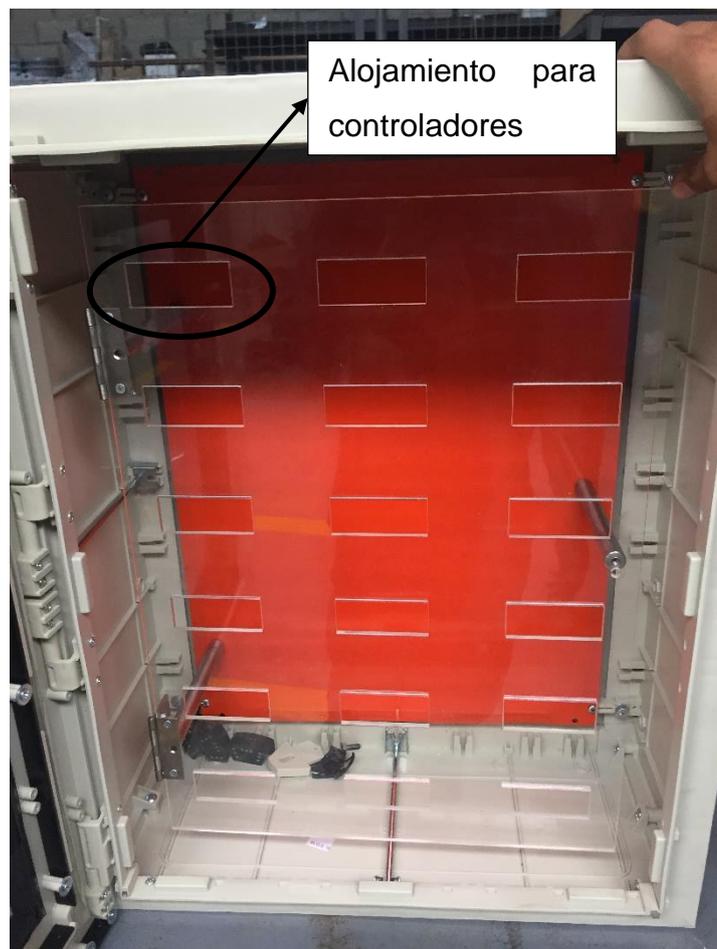


El tablero se ubicará adentro del proceso a la salida de los túneles de congelación, con la finalidad que también personal de producción puedan verificar temperaturas.

Se selecciono un tablero en acrílico para evitar deterioro debido a la humedad y un vidrio central que permita la visualización de temperaturas según el controlador que se encuentre asignado a un cuarto o túnel.

Se instala contra compuerta en acrílico para la instalación de los controladores dentro del tablero.

Figura 11. Alojamiento para controladores FullGauge



4.2. Controladores

La aplicación a futuro está en instalar el sistema de gerenciamiento Sitrad en toda la planta de beneficio y monitorear todos los cuartos de refrigeración y congelación. El alcance de este proyecto se centra en los cuatro túneles de congelación de la empresa. Se seleccionaron controladores TI-33RI plus y TI44E plus, para el monitoreo de temperaturas en los túneles estáticos. Este controlador tiene la particularidad de tener hasta 3 sensores.

En tal Tabla 1, se observan los controladores FullGague compatibles con el software SITRAD.

Tabla 1. Compatibilidad de controladores con el software SITRAD

<p>REFRIGERACIÓN</p> <p>TC-900E Log TC-900RI clock TC-940RI plus TC-960RI Log MT-512E Log MT-512RI plus MT-512RI Log MT-543RI plus MT-543RI Log MT-516RVTI plus MT-439 plus *</p>	<p>TEMPERATURA Y HUMEDAD</p> <p>MT-530E super MT-530 super * MT-530I plus * MT-532 super AHC-80 plus Humitech super * Humitech II plus * MT-531RI plus *</p>	<p>PRESIÓN</p> <p>PCT-410E plus PCT-210RI Log* PCT-400RI plus* PCT-410RI plus* PCT-420RI plus* PCT-3000 plus* PCT-3001 plus PCT-1600 plus*</p>
<p>TENSIÓN / ENERGÍA</p> <p>PhaseLogE plus PhaseLog plus * PWR-3200 plus SwitchLog plus* EnergyLog plus</p>	<p>CALENTAMIENTO SOLAR</p> <p>Microsol II plus Microsol II power EnergySol plus * RT-607RI plus WALL-LINK WALL-FI*</p>	<p>APLICACIONES DIVERSAS</p> <p>EasyProg MOD64 AutoPID plus TI-33RI plus TI-44E plus</p>

Fuente: Full Gauge Controls, Modulo Sitrad [en línea], 05 diciembre 2018, disponible en internet: <http://www.sitrad.com/es/productos.asp>

Garantizar tiempos oportunos en la entrega de los productos a nuestro cliente, en este caso el departamento de producción de la empresa y estos a su vez a los verdaderos usuarios o consumidores del producto, es una de nuestras principales labores, así que la información manejada con el software debe ser muy confiable. Con el TI-33RI podremos manejar 3 datos del comportamiento de túnel desde el momento del cargue hasta el descargue.

4.3. Sensores de temperatura

Según INVIMA, el pollo congelado debe salir a una temperatura mínima de -18 grados Celsius en la parte interna, por esta razón se selecciona punzar al pollo desde el cargue para monitorear el comportamiento durante los ciclos de congelación. Según Tabla 2, se observa la distribución de los sensores de temperaturas en cada uno de los controladores TI-33RI.

Tabla 2. Distribución de sensores de temperatura en cada controlador

	DESCRIPCIÓN
Sensor1	Medición de temperatura ambiente
Sensor2	Medición de temperatura en producto punto1
Sensor3	Medición de temperatura en producto punto2

Para el sensor1, la medición de temperatura ambiente se realizará a través de una sonda de temperatura para full gauge.

Para los sensores 2 y 3, en la medición interna del producto se realizará a

través de punzones que se puedan incrustar, para tal cosa se seleccionaron sondas de penetración para Fullgauge.

Figura 12. Sensor NTC para Fullgague



Fuente: Full Gauge Controls, sensores de temperatura [en línea], 01 enero 2018, disponible en internet: <http://www.fullgauge.com/es/productos-sensor-sb41>

Figura 13. Sondas de Penetración FullGauge

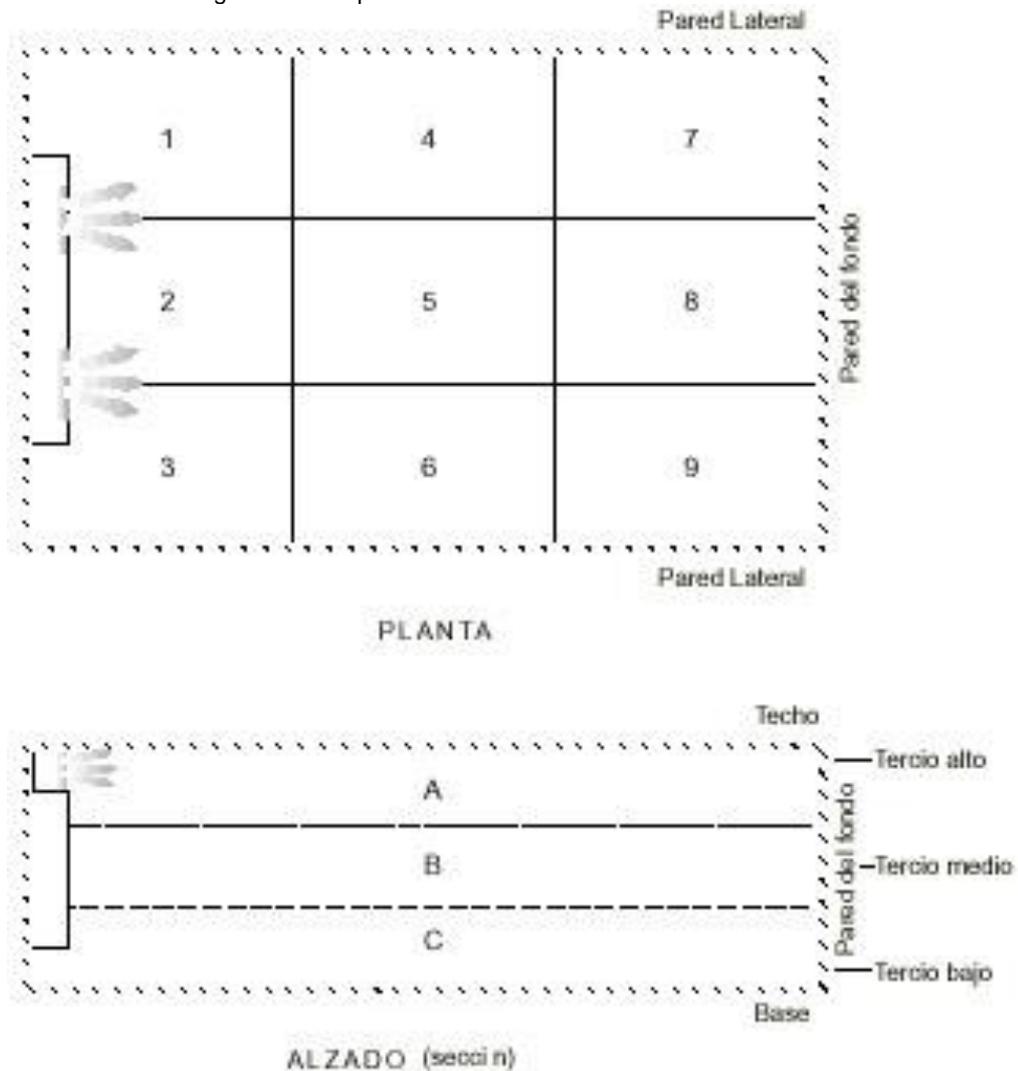


4.3.1. Ubicación sensores de temperatura. La ubicación de los sensores de temperatura, especialmente las sondas de penetración deben contar con ciertas características particulares como, estar instalados en puntos estratégicos y que sean representativos para el operario de cuartos fríos, de fácil acceso para que los operarios puedan manipularlos, y un buen margen de distancia de la hilera de canastas para que las sondas no sean golpeadas y dañadas.

En relación a lo anterior, se define lo siguiente:

- a) Es evidente que la distribución de temperatura no es uniforme a lo largo de todo el túnel, ya que se producen zonas frías y “calientes”; en la Figura 14 se pueden presentar unas temperaturas mínimas en los horizontes A y B en 1, 2 y 3 y unas temperaturas máximas en el horizonte A en 7, 8 y 9 y en el horizonte C desde 4 a 9. Estas diferencias se acentúan a medida que la circulación del aire dentro del cuarto es obstruida por una mala disposición de los productos.

Figura 14. Temperaturas en distintas zonas de un cuarto frío



Fuente: MEJIA GIRALDO, Fernando, Manejo de cuartos fríos [en línea], 01 febrero 2018. Disponible en internet: http://cmaps.cmappers.net/rid=1JTKLN4TN-Q0ZYRW-N90/manejo_de_cuartos_frios.docx

- b) De acuerdo a lo anterior, se seleccionan zonas calientes para las sondas de penetración, para así garantizar que la temperatura más elevada deseada en el producto, sea en ese punto, que en según normatividad vigente para pollo congelado es de -18C.

A continuación, se muestra la distribución de los sensores en los túneles 1 y 3, para visualizar los dos tipos, teniendo en cuenta que los túneles 1 y 2, son totalmente idénticos al igual que los túneles 3 y 4, revisar capítulo 3.

Figura 15. Vista de planta, distribución de los sensores de temperatura en túnel 1 y 2.

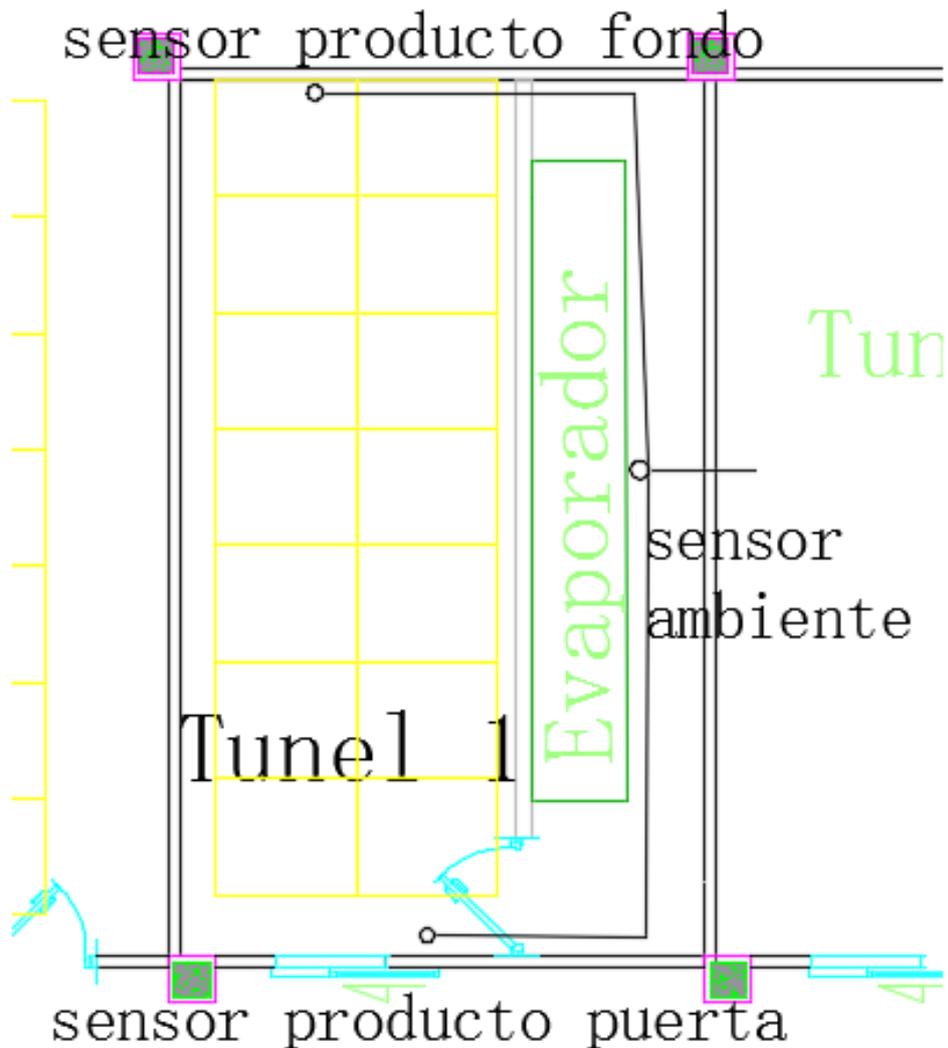
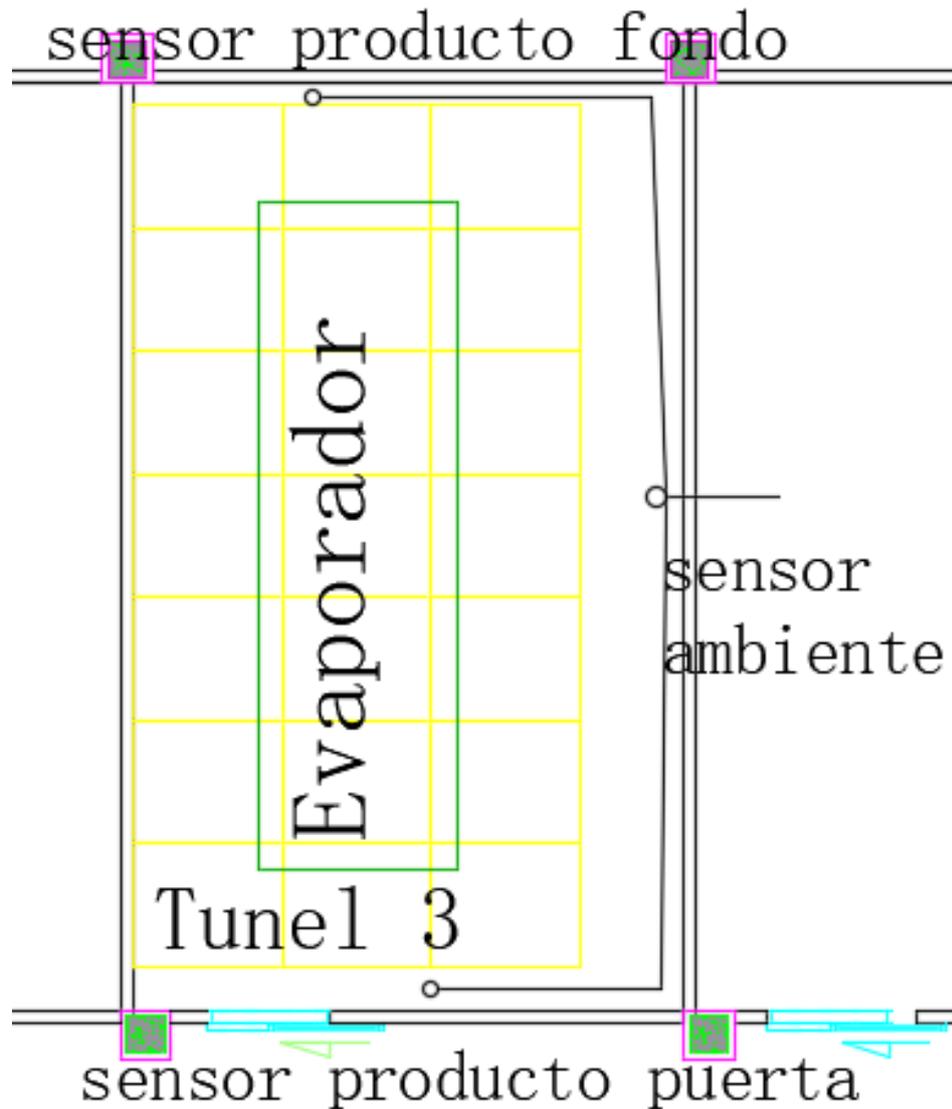


Figura 16. Vista de planta, distribución de sensores de temperatura en túnel 3 y 4.



A continuación, se muestra la Figura 17, donde se observa la instalación de los sensores tipo punzón en uno de los túneles estáticos, la imagen corresponde al sensor producto fondo del túnel estacionario número 3.

Se instala una base anclada al panel dentro de los túneles estáticos para soportar las sondas de penetración cuando no están en uso, ver Figura 18. Base soporte para la instalación de las sondas de penetración

Figura 17. Instalación sondas de penetración.



Figura 18. Base soporte para la instalación de las sondas de penetración

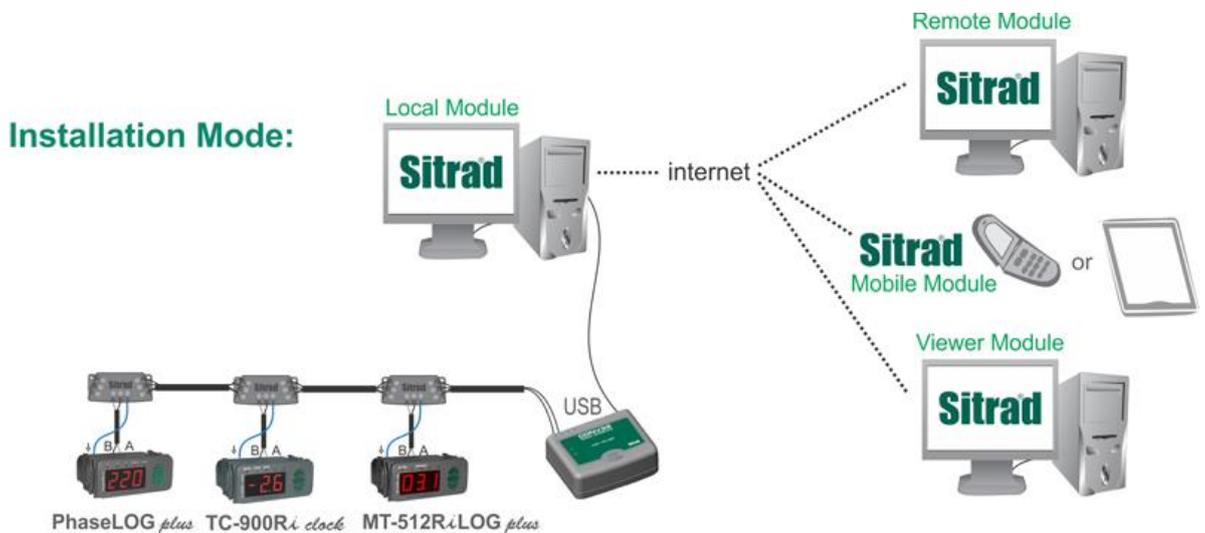


4.4. Montaje de la red RS-485

Para el montaje de la red RS-485 estándar, es requerido un computador encendido las 24 horas del día para el continuo almacenamiento de la información, además de controladores, bloques de conexión y cable de conexión de dos hilos más tierra.

A continuación, se muestra el esquema general de la conexión de la red RS-485 para full gauge.

Figura 19. Instalación general red RS-485



Fuente: Full Gauge Controls, Modulo Sitrad [en línea], 21 noviembre 2017, disponible en internet: <http://sitrad413.sitrad.com/es/>

De acuerdo a la imagen anterior, se explica el procedimiento de conexión realizado en I

Figura 20. Cableado de la red RS-485 en tablero de alojamiento de controladores

Se conectan los terminales tierra, A y B del controlador a los terminales tierra, A y B del bloque de conexión respectivamente.

Se realiza esta conexión con todos los 8 controladores.

Se conectan los terminales tierra, A y B del bloque de conexión a los terminales tierra, A y B del siguiente bloque de conexión.

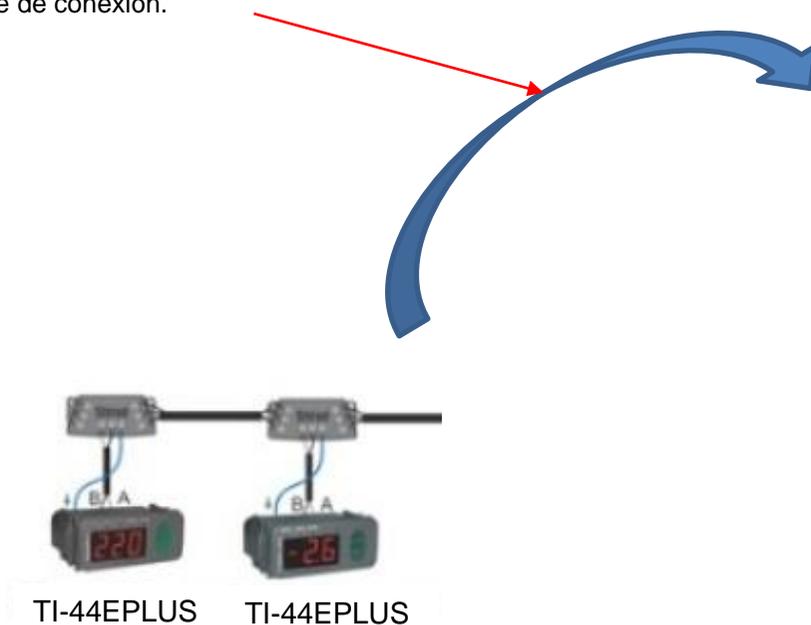


Figura 21.cableado de la red RS-485 con la CONV32.

Se muestra la instalación del tablero dentro del proceso, finalmente los terminales tierra A y B se conectan a la CONV 32 que se utilizó.



Se conecta la conexión USB al computador dispuesto para la visualización de los datos



Terminales A y B a la CONV 32

4.5. Configuración de equipos

4.5.1. Controlador. Los controladores empleados son el modelo TI-44E plus, y poseen los siguientes parámetros de configuración:

Tabla 3. Control túnel 1

Función	Descripción	valor	unidad
Cod	Código de acceso	123	
S-1	Sensor 1 conectado o desconectado	1-conec	
S-2	Sensor 2 conectado o desconectado	1-conec	
S-3	Sensor 3 conectado o desconectado	1-conec	
Of 1	Offset de indicación del sensor 1	-0,6	°C
Of 2	Offset de indicación del sensor 2	-0,2	°C
Of 3	Offset de indicación del sensor 3	-0,1	°C
Ind	Modo indicación del display	5	
dIF	Modo del cálculo diferencial	0	
AUr	Modo cálculo de promedios	0	
Add	Dirección de la red RS-485	1	

Tabla 4. Control Túnel 2

Función	Descripción	valor	unidad
Cod	Código de acceso	123	
S-1	Sensor 1 conectado o desconectado	1-conec	
S-2	Sensor 2 conectado o desconectado	1-conec	
S-3	Sensor 3 conectado o desconectado	1-conec	
Of 1	Offset de indicación del sensor 1	0	°C
Of 2	Offset de indicación del sensor 2	0,6	°C
Of 3	Offset de indicación del sensor 3	0,2	°C
Ind	Modo indicación del display	5	
dIF	Modo del cálculo diferencial	0	
AUr	Modo cálculo de promedios	0	
Add	Dirección de la red RS-485	2	

Tabla 5. Control Túnel 3

Función	Descripción	valor	unidad
Cod	Código de acceso	123	
S-1	Sensor 1 conectado o desconectado	1-conec	
S-2	Sensor 2 conectado o desconectado	1-conec	
S-3	Sensor 3 conectado o desconectado	1-conec	
Of 1	Offset de indicación del sensor 1	0,1	°C
Of 2	Offset de indicación del sensor 2	0	°C
Of 3	Offset de indicación del sensor 3	0,3	°C
Ind	Modo indicación del display	5	
dIF	Modo del cálculo diferencial	0	
AUr	Modo cálculo de promedios	0	
Add	Dirección de la red RS-485	3	

Tabla 6. Control Túnel 4

Función	Descripción	valor	unidad
Cod	Código de acceso	123	
S-1	Sensor 1 conectado o desconectado	1-conec	
S-2	Sensor 2 conectado o desconectado	1-conec	
S-3	Sensor 3 conectado o desconectado	1-conec	
Of 1	Offset de indicación del sensor 1	-0,4	°C
Of 2	Offset de indicación del sensor 2	-0,1	°C
Of 3	Offset de indicación del sensor 3	0,1	°C
Ind	Modo indicación del display	5	
dIF	Modo del cálculo diferencial	0	
AUr	Modo cálculo de promedios	0	
Add	Dirección de la red RS-485	4	

El controlador TI-33Ri plus posee tres (3) sondas que pueden ser configurables por separado para obtener las mediciones.

4.5.2. Computador

4.5.2.1. **Local.** Se descarga desde la página de SITRAD, el ejecutable Sitrad Local

Figura 22. Asistente de instalación software SITRAD



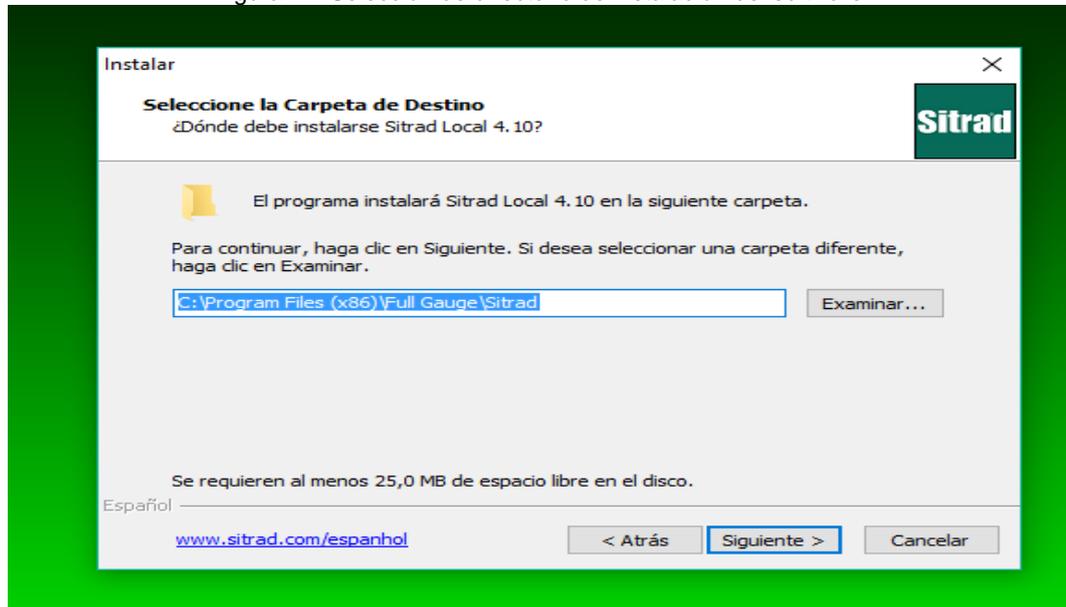
Inicio del asistente de instalación, en computador definido por la empresa para el registro de los datos. (PC principal)

Figura 23. Términos de aceptación del software SITRAD



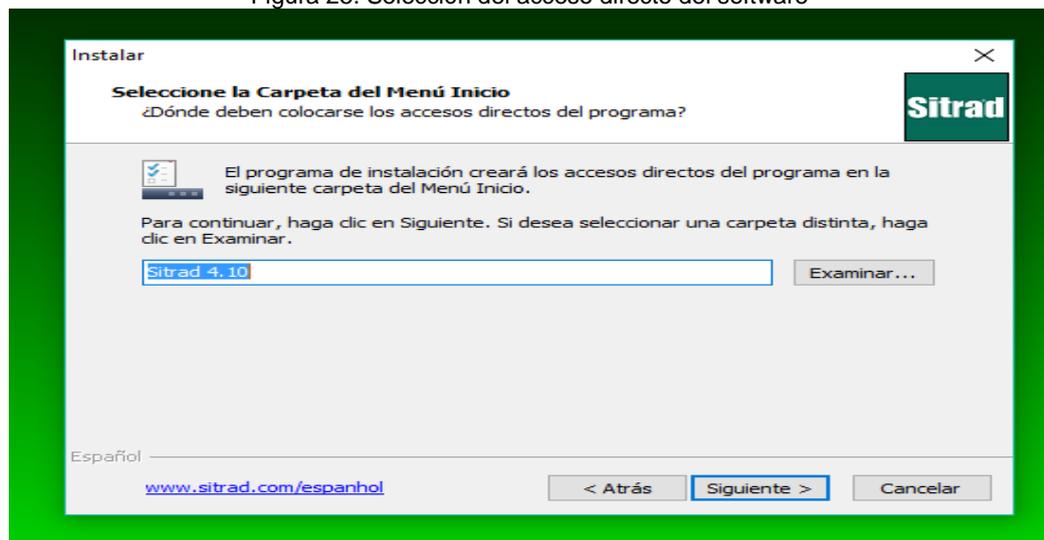
Se acepta el contrato de licencia (es gratuito), y se da siguiente para continuar con el proceso.

Figura 24. Selección de directorio de instalación del software



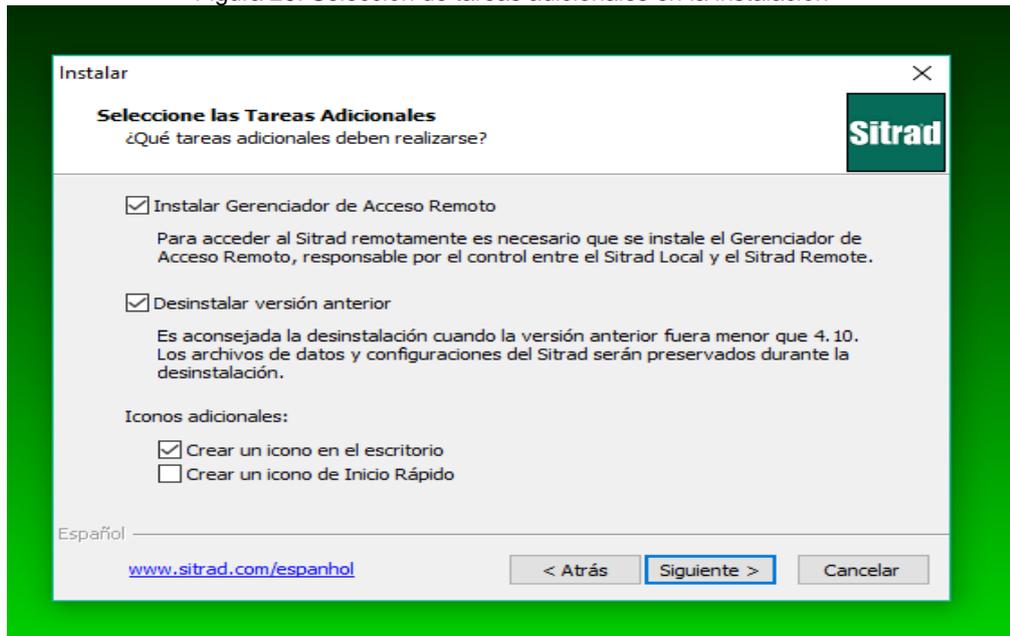
Automáticamente se genera un directorio de instalación.

Figura 25. Selección del acceso directo del software



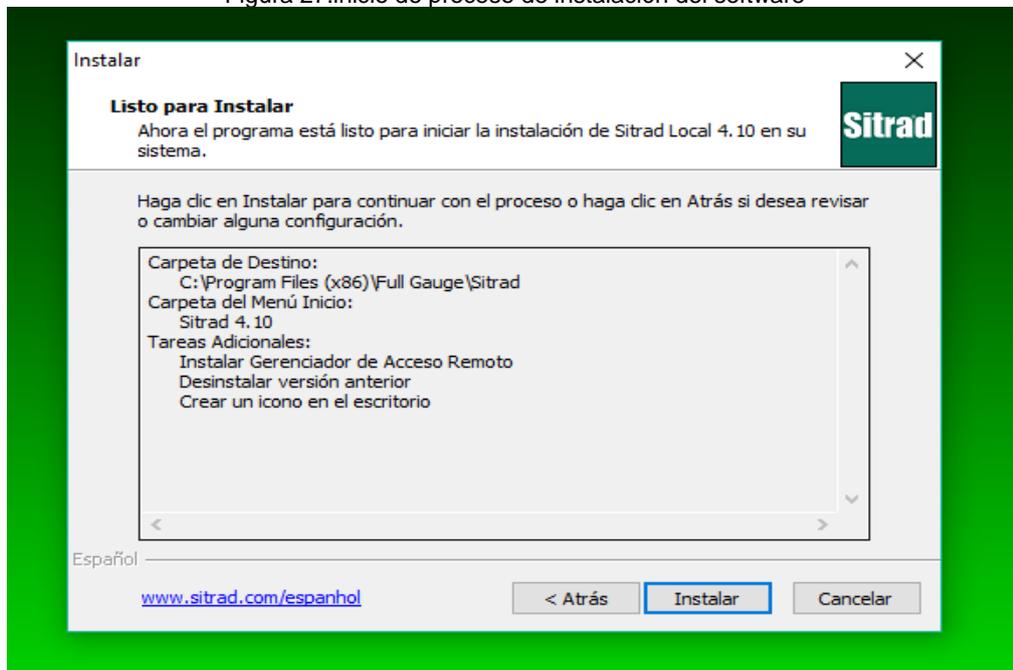
Existe la posibilidad de cambiar la carpeta de instalación.

Figura 26. Selección de tareas adicionales en la instalación



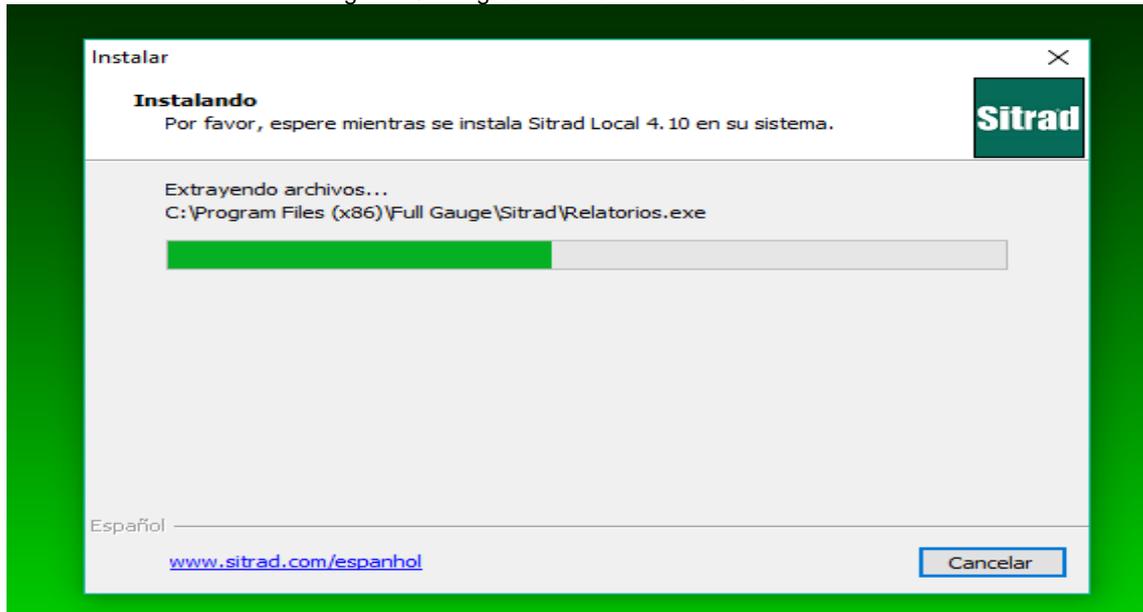
Procesos adicionales que se pueden realizar, activando o quitando en cada casilla.

Figura 27. inicio de proceso de instalación del software



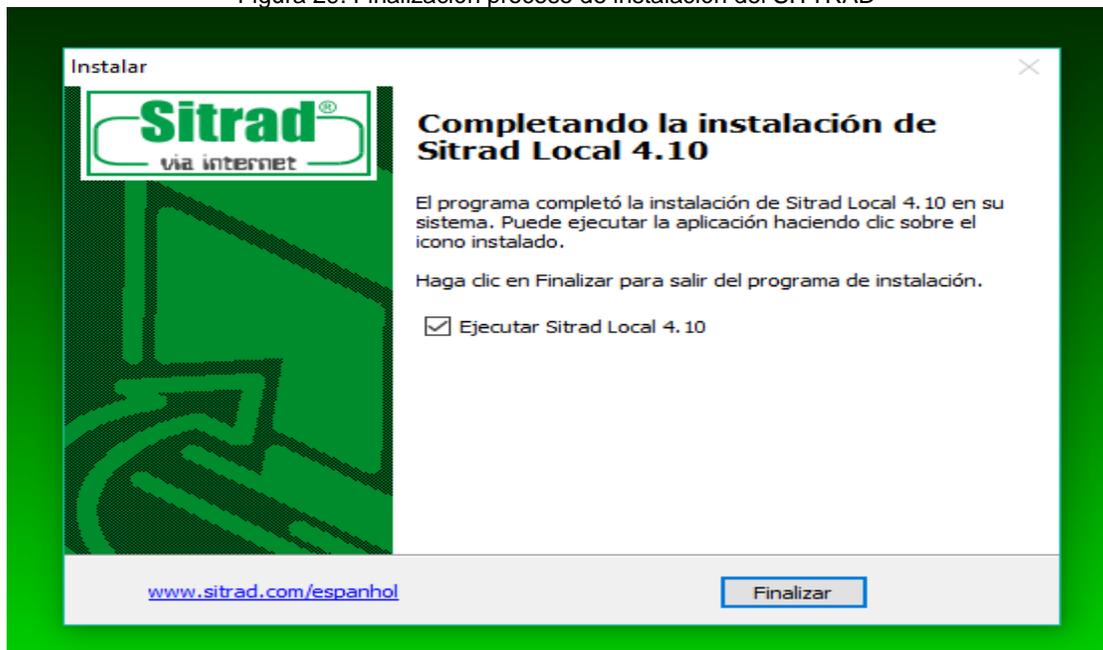
Dando clic sobre instalar se inicia el proceso de instalación.

Figura 28. Progreso de instalación del software



La barra nos muestra el progreso de instalación.

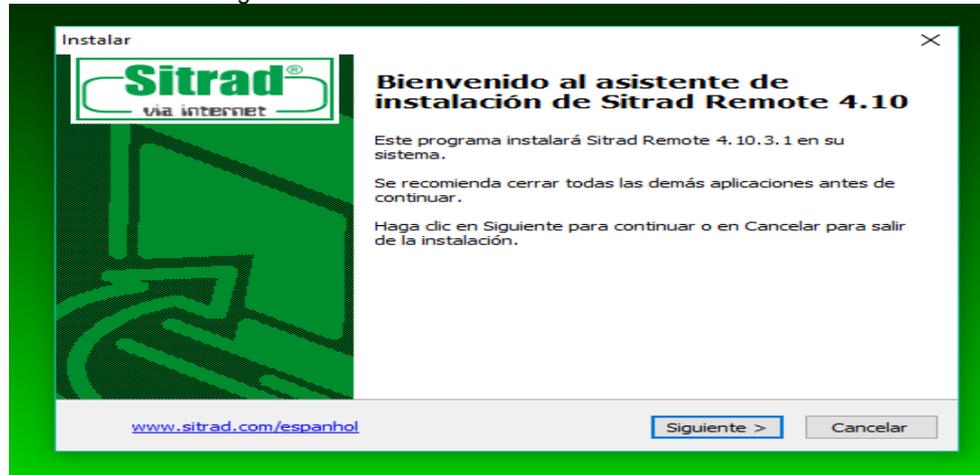
Figura 29. Finalización proceso de instalación del SITTRAD



Se termina el proceso ejecutando finalizar y el software inicia su funcionamiento.

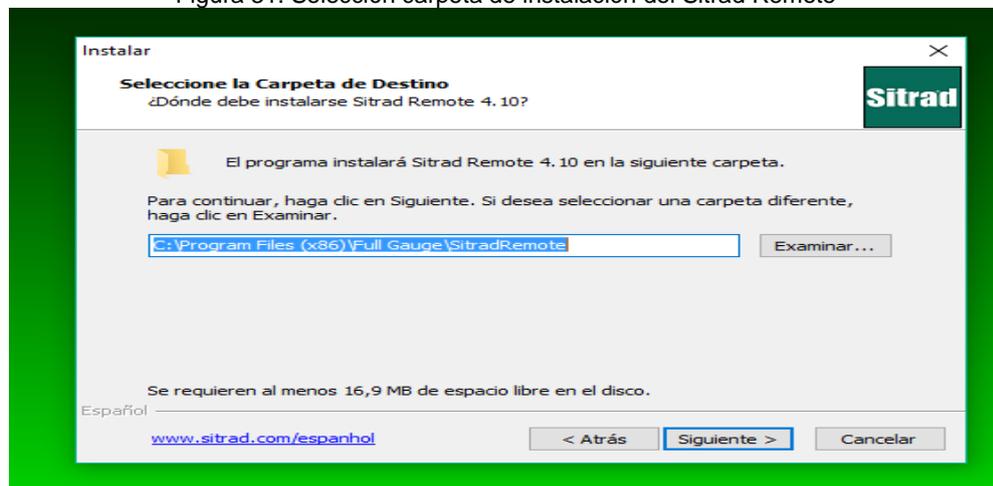
4.5.2.2. Remoto: Se requirió la observación y seguimiento del software desde un equipo (PC) remoto, se procede a descargar el ejecutable Sitrad Remoto, desde las pagina Web de Sitrad de Fullgauge Do Brasil.

Figura 30. Asistente de instalación del Sitrad Remoto



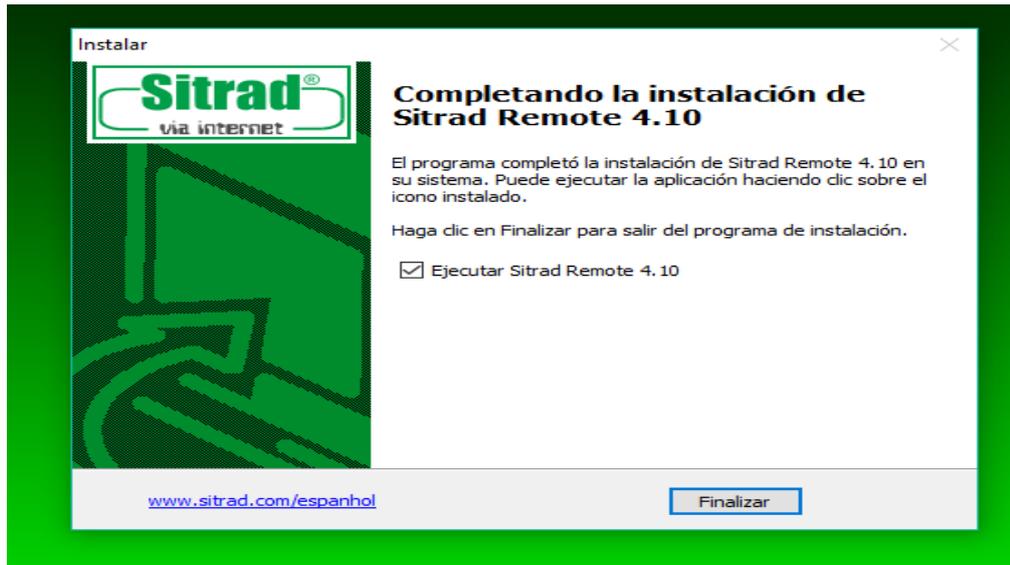
Se inicia el asistente de instalación.

Figura 31. Selección carpeta de instalación del Sitrad Remoto



De igual manera como Sitrad Local, se genera una carpeta automáticamente.

Figura 32. Finalización proceso de instalación del software Sitrad Rometo



Sea completado la instalación.

Figura 33. Inicio de Sitrad remoto

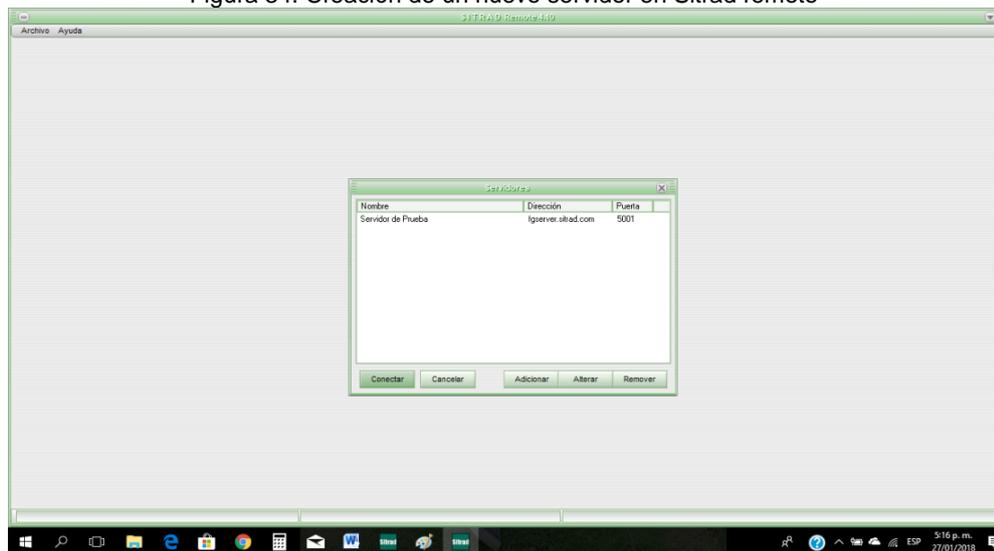


Inicio del software para administración a distancia.

Se presentó dificultad para conectar al computador principal debido a las seguridades que presenta las redes de la empresa, cuando se estaba conectado dentro de la red no había dificultad, pero el objetivo era desde otro lugar distante de la empresa.

Fue necesario el apoyo del área de tecnología, para solicitar al proveedor del servicio de seguridad WEB, una IP Fija con los permisos necesarios, entregaron la 201.221.132.172

Figura 34. Creación de un nuevo servidor en Sitrad remoto



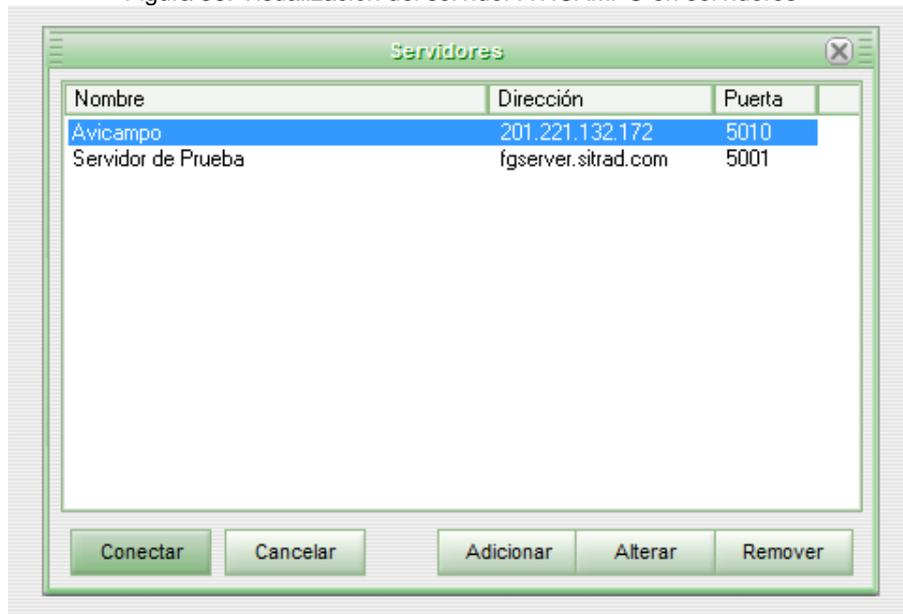
Se crea un Servidor: Avicampo

Figura 35. Nuevo servidor con IP publica



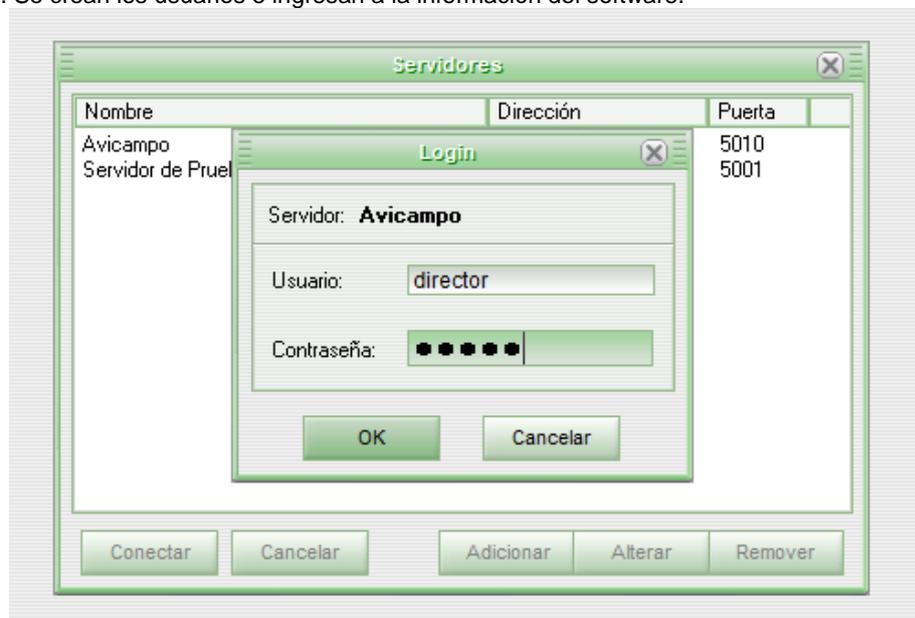
Configuración IP y puerta de enlace.

Figura 36. Visualización del servidor AVICAMPO en servidores



Después de configurado se procede a conexión.

Figura 37. Se crean los usuarios e ingresan a la información del software.



Se configura un usuario: director; contraseña: refri

4.5.3. Móviles. Se descarga el aplicativo desde Play Store con el nombre Sitrad Mobile, es gratuito para android y iPhone.

Su instalación es muy sencilla y su configuración es de la siguiente manera:

Figura 38. Configuración app del sitrad movil

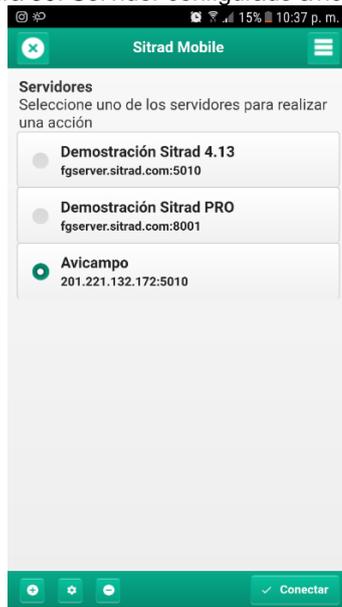
The screenshot shows the configuration interface for the Sitrad Mobile app. At the top, there is a green navigation bar with a back arrow and the text 'Volver' on the left, and 'Servidor' in the center. Below this, the configuration fields are listed, each with a question mark icon to its right:

- Descripción:** A text input field containing 'Avicampo'.
- Dirección IP:** A text input field containing '201.221.132.172'.
- Puerto HTTP:** A text input field containing '5010'.
- Usuario:** A text input field containing 'director'.
- Contraseña:** A text input field with masked characters '.....'.

At the bottom of the form is a large button labeled 'Guardar'.

Se debe seleccionar el servidor Avicampo previamente configurado

Figura 39. Servidor configurado avicampo



Se escoge el equipo a visualizar y se puede realizar generación de gráficos.

Figura 40. Instrumentos instalados en el Sitrad



Se muestran en la imagen, todos los instrumentos instalados y configurados en la red.

Figura 41. Temperaturas de las sondas instaladas en el túnel de congelación



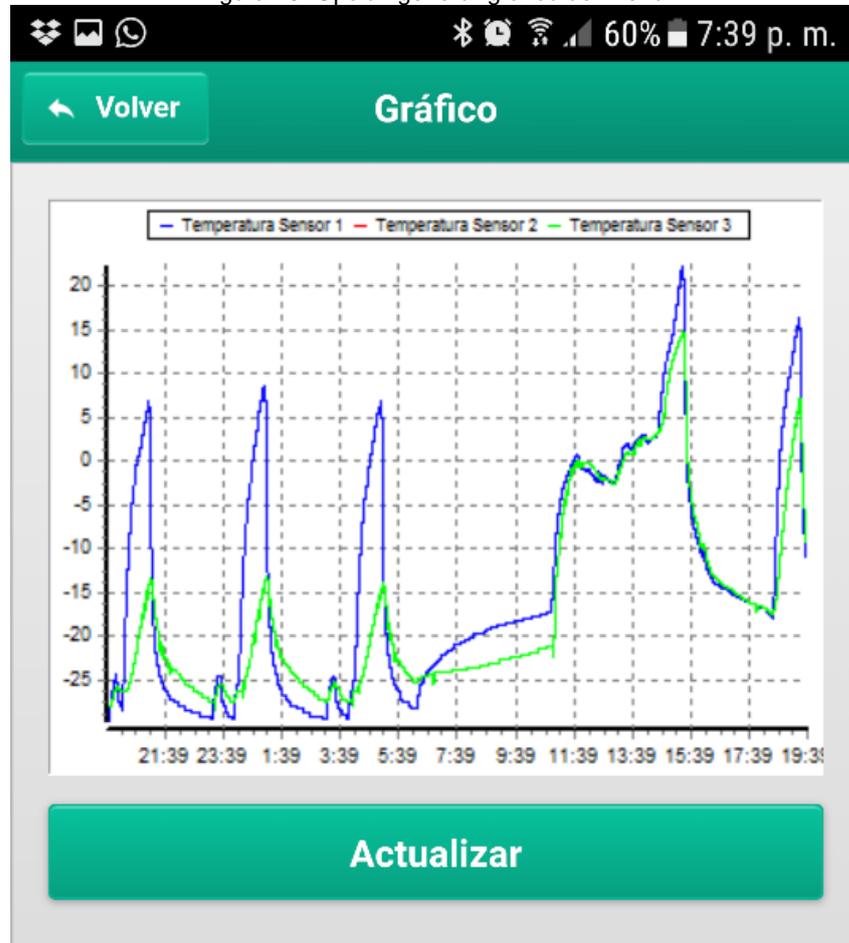
En la imagen anterior, se muestran las temperaturas en el cuarto de congelación.

Figura 42. Menú descriptivo para cada instrumento



Se pueden observar las opciones que presenta la app para una información más extendida de cada instrumento conectado.

Figura 43. Opción generar grafico del menú.



En la imagen anterior, se puede observar el comportamiento de la temperatura de un instrumento o túnel, según el tiempo que usted requiera.

4.5.4. Calibración y/o verificación de equipos. Se procede a calibrar los equipos bajo el protocolo establecido por la empresa, en el **PROGRAMA DE CALIBRACION DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE MEDICION Pg-CEQ-16**, de la empresa Avicampo. (**ANEXO B**)

Se instalaron 3 sondas por cada uno de los túneles para un total de 12 sondas que se verificaron y posteriormente se realizó la respectiva calibración con respecto al Termómetro Patrón que existe en la empresa, con certificación por parte de la ONAC. (**ANEXO C**)

Figura 44. Calibración de sensores



Tabla 7. Registro de calibración de sensores de temperatura del software

		PROGRAMA DE CALIBRACION DE EQUIPOS E INSTRUMENTO DE MEDICION										Código: F-CEQ-03		
		FORMATO DE VERIFICACION DE TERMOMETROS										Versión: 01		
												Fecha de Emisión: Junio 2016		
CODIGO:		TUNEL 1 agua con hielo			TUNEL 2 agua con hielo			TUNEL 3 agua con hielo			TUNEL 4 agua con hielo			
FECHA	TERMOMETRO PATRON	PUNZON #1	FACTOR CORRECCION	TERMOMETRO PATRON	PUNZON #1	FACTOR CORRECCION	TERMOMETRO PATRON	PUNZON #1	FACTOR CORRECCION	TERMOMETRO PATRON	PUNZON #1	FACTOR CORRECCION	RESPONSABLE	
6-nov-17	0,5	1,1	-0,6	0,6	0,6	0	0,7	0,6	0,1	0,4	0,8	-0,4	Ing. Heyler Bohorquez	
CODIGO:		TUNEL 1 agua con hielo			TUNEL 2 agua con hielo			TUNEL 3 agua con hielo			TUNEL 4 agua con hielo			
FECHA	TERMOMETRO PATRON	PUNZON # 2	FACTOR CORRECCION	TERMOMETRO PATRON	PUNZON # 2	FACTOR CORRECCION	TERMOMETRO PATRON	PUNZON # 2	FACTOR CORRECCION	TERMOMETRO PATRON	PUNZON # 2	FACTOR CORRECCION	RESPONSABLE	
6-nov-17	0,3	0,5	-0,2	0,5	-0,1	0,6	0,7	0,7	0	0,4	0,5	-0,1	Ing. Heyler Bohorquez	
CODIGO:		TUNEL 1 agua con hielo			TUNEL 2 agua con hielo			TUNEL 3 agua con hielo			TUNEL 4 agua con hielo			
FECHA	TERMOMETRO PATRON	PUNZON # 3	FACTOR CORRECCION	TERMOMETRO PATRON	PUNZON # 3	FACTOR CORRECCION	TERMOMETRO PATRON	PUNZON # 3	FACTOR CORRECCION	TERMOMETRO PATRON	PUNZON # 3	FACTOR CORRECCION	RESPONSABLE	
6-nov-17	-0,2	-0,1	-0,1	0,9	0,7	0,2	0,8	0,5	0,3	1,2	1,1	0,1	Ing. Heyler Bohorquez	
CODIGO:		TUNEL 1 agua ambiente			TUNEL 2 agua ambiente			TUNEL 3 agua ambiente			TUNEL 4 agua ambiente			
FECHA	TERMOMETRO PATRON	PUNZON #1	FACTOR CORRECCION	TERMOMETRO PATRON	PUNZON #1	FACTOR CORRECCION	TERMOMETRO PATRON	PUNZON #1	FACTOR CORRECCION	TERMOMETRO PATRON	PUNZON #1	FACTOR CORRECCION	RESPONSABLE	
6-nov-17	24,5	24,5	0	24,4	24,4	0	24,7	24,7	0	24,5	24,4	0,1	Ing. Heyler Bohorquez	
CODIGO:		TUNEL 1 agua ambiente			TUNEL 2 agua ambiente			TUNEL 3 agua ambiente			TUNEL 4 agua ambiente			
FECHA	TERMOMETRO PATRON	PUNZON # 2	FACTOR CORRECCION	TERMOMETRO PATRON	PUNZON # 2	FACTOR CORRECCION	TERMOMETRO PATRON	PUNZON # 2	FACTOR CORRECCION	TERMOMETRO PATRON	PUNZON # 2	FACTOR CORRECCION	RESPONSABLE	
6-nov-17	24,3	24,3	0	24,5	24,5	0	24,4	24,4	0	24,4	24,4	0	Ing. Heyler Bohorquez	
CODIGO:		TUNEL 1 agua ambiente			TUNEL 2 agua ambiente			TUNEL 3 agua ambiente			TUNEL 4 agua ambiente			
FECHA	TERMOMETRO PATRON	PUNZON # 3	FACTOR CORRECCION	TERMOMETRO PATRON	PUNZON # 3	FACTOR CORRECCION	TERMOMETRO PATRON	PUNZON # 3	FACTOR CORRECCION	TERMOMETRO PATRON	PUNZON # 3	FACTOR CORRECCION	RESPONSABLE	
6-nov-17	24,5	24,5	0	24,5	24,5	0	24,4	24,3	0,1	24,5	24,5	0	Ing. Heyler Bohorquez	

VERIFICADO POR: Ing. Hugo Guerrero e Ing. Jeisson Quintero

5. ANALISIS DE RESULTADOS

5.3. Mediciones

Se crearon formatos de registro de consumos eléctricos túneles estáticos de congelación y registro de cierre y aperturas de túneles de congelación, los cuales se llenaron en campo por los auxiliares de refrigeración y los operarios encargados de túneles respectivamente, observar anexos, y en la siguiente tabla se muestran los datos consolidados para análisis.

El procedimiento de medición es el siguiente, se generan dos formatos, el formato de registro de consumos eléctricos túneles estáticos de congelación, fueron registrados por los auxiliares de refrigeración cuyo procedimiento es el siguiente:

- Se hace medición cada hora de los túneles de congelación.
- Al registrar tenían que colocar el ciclo en el que se encontraban si es congelación o descongelación [se mide el consumo total de corriente demandada, aguas arriba del totalizador principal en cada uno de los ciclos, el ciclo de la congelación tiene diferente consumo al ciclo de la descongelación, debido a que en la descongelación el compresor se encuentra apagado y este la hace con resistencias eléctricas.
- Después de los datos de corriente se procede al cálculo de potencia consumida según el ciclo en el que se encuentre:
 - a) para refrigeración (cargas inductivas):

$$Potencia [Kw] = \frac{Voltaje [V] * Corriente[A] * \sqrt{3} * \cos \phi}{1000}$$

- b) para descongelación (cargas resistivas)

$$Potencia [Kw] = \frac{Voltaje [V] * Corriente[A]}{1000}$$

- Se registra el pesaje o cantidad de producto ingresado a cada túnel, en Kilogramos.

Para el formato de cierre y apertura de túneles estáticos de congelación, se les informó verbalmente a los responsables, en este caso operarios de túneles que debían marcar con una x cada hora si el túnel se encontraba abierto o cerrada y el motivo de la apertura junto con el tiempo total que duraba esta perturbación para el túnel.

5.3.1. Datos de medición túnel 1

5.3.1.1. Datos sin software de medición (método manual). Estos datos fueron registrados los días 14 y 15 de septiembre del 2017 bajo las siguientes condiciones:

Cantidad de producto: 5050 kilogramos de producto preenfriado por IQF.

Condiciones de equipos: resistencias de deshielo en óptimas condiciones.

El compresor, los motores del evaporador, los motores del condensador y las resistencias eléctricas están alimentadas a 220V.

Estado condensadora: lavada minutos antes de iniciar proceso.

Tabla 8. Registro y cálculo de datos de consumos energéticos túnel 1 método manual

 TABULACIONES DE DATOS TOMADOS EN CAMPO - TUNEL ESTACIONARIO 1								MANEJO INTERNO Version 01	
REGISTRO DE CONSUMOS ELECTRICOS TUNELES ESTATICOS DE CONGELACION									
FECHA: 13-09-2017 / 14-09-2017									
FECHA	HORA DE MUESTREO	TUNEL ESTATICO # 1							
		AMP. [A]	TEMP. [C]	PROCESO	KW	CERADO	ABIERTO	TIEMPO [min]	OBSERVACION
13/09/2017	0:00	101,5	14,8	DEF	22,33	X			
13/09/2017	1:00	115,4	-7,2	REF	39,58	X			
13/09/2017	2:00	116,2	-11	REF	39,85	X			
13/09/2017	3:00	72,9	7	DEF	16,04	X			
13/09/2017	4:00	171	-10	REF	58,64	X			
13/09/2017	5:00	179	-12	REF	61,39	X			
13/09/2017	6:00	105	5	DEF	23,10	X			
13/09/2017	7:00	178,3	-14	REF	61,15	X			
13/09/2017	8:00	204	-8,7	REF	69,96	X			
13/09/2017	9:00	98	-0,1	DEF	21,56	X			
13/09/2017	10:00	204	-9,6	REF	69,96	X			
13/09/2017	11:00	197	-10	REF	67,56	x			
13/09/2017	12:00	218	-6	REF	74,76		X	10	Medición de temperatura producto
13/09/2017	13:00	193	-10	REF	66,19	X			
13/09/2017	14:00	191	-15	REF	65,50	X			
13/09/2017	15:00	183	-17	REF	62,76	X			
13/09/2017	16:00	177	-19	REF	60,70	X			
13/09/2017	17:00	183	-21	REF	62,76	X			
13/09/2017	18:00	155	-18	REF/DEF	53,16	X			
13/09/2017	19:00	215	-12	REF	73,73		X	15	Medición de temperatura producto
13/09/2017	20:00	160	-19	REF	54,87	X			
13/09/2017	21:00	180	-20	REF	61,73	X			
13/09/2017	22:00	205	-14	REF	70,30		X	10	Medición de temperatura producto
13/09/2017	23:00	178	-17	REF/DEF	61,04	X			
14/09/2017	0:00	112,5	-19	REF	38,58	X			
14/09/2017	1:00	148	-21	REF	50,76	X			
14/09/2017	2:00	208	-13	REF	71,33		X	8	Medición de temperatura producto
14/09/2017	3:00	190	-23	REF	65,16	X			
14/09/2017	4:00	102,3	-14	DEF	20,26	X			
14/09/2017	5:00	204	-25	REF	69,96	X			
14/09/2017	6:00	202	-24	REF	69,28		X	15	Medición de temperatura producto
	30	166,035	PROMEDIO		54,97	\$/KW	\$ PESOS	58	TOTAL APERTURAS [MIN]
			TOTAL		1648,98	346,64	571.604		

- ✓ Se procede al cálculo de la potencia eléctrica para cada uno de los datos medidos teniendo en cuenta el ciclo de proceso en el que se encontraba el túnel, ciclo de refrigeración o REF y ciclo de descongelación o defrost DEF. En la columna KW del cuadro anterior se va registrando el valor de energía consumida, por ejemplo, el dato tomado para las 6:00 de la mañana del día 14-09-2017 se tiene:

$$Potencia = \frac{Voltaje * Corriente * \sqrt{3} * \cos \Phi}{1000}$$

$$Potencia = Kw$$

$$Voltaje = 220 V$$

$$Corriente = 69,28 [A]$$

$$\cos \Phi = 0,9 \text{ (Factor de potencia)}$$

- ✓ Es necesario calcular la potencia promedio para calcular finalmente la potencia total, entonces en el cuadro anterior se realiza un promedio de los 30 datos tomados.

$$Potencia_{promedio} [Kw] = \frac{\sum \text{Datos calculados de potencia}}{\# \text{ datos medidos}}$$

$$Potencia_{promedio} [Kw] = \frac{1703,95}{30}$$

$$Potencia_{promedio} [Kw] = 54,97$$

- ✓ Para calcular la energía total consumida en el bache de congelación, se multiplica por las horas de congelación que duró el bache :

$$ENERGIA_{total} [Kw] = Potencia_{promedio} [Kw] * 30 \text{ horas}$$

$$ENERGIA_{total} [Kw] = 54,97[Kw] * 30 \text{ horas}$$

$$ENERGIA_{total} [Kw * h] = 1648,98$$

- ✓ Ahora se procede a calcular el costo total de la congelación, mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Costo total [pesos]} = \text{ENERGIA}_{total}[\text{Kwh}] * \text{VALOR} \left[\frac{\text{pesos}}{\text{Kwh}} \right]$$

$$\text{ENERGIA}_{total}[\text{Kwh}] = 1648,98$$

$$\text{Costo total [pesos]} = 346,64 \left[\frac{\text{pesos}}{\text{Kwh}} \right] (\text{valor factura mes de septiembre})$$

$$\text{Costo total [pesos]} = 571.604$$

- ✓ Calculamos el valor de los 58 minutos en perdida por perturbaciones en el tunel a traves de la apertura de puertas. Solo se pudo medir el tiempo de puerta abierta, por no poseer un sistema de medicion, no se sabe el tiempo de la recuperaci3n del temperatura del tunel, pero si el aumento en los consumos energeticos del sistema y el tiempo total del proceso de congelaci3n.

$$\text{Costo total [pesos]} = 571.604$$

$$\text{Costo}_{apertura} [\text{pesos}]$$

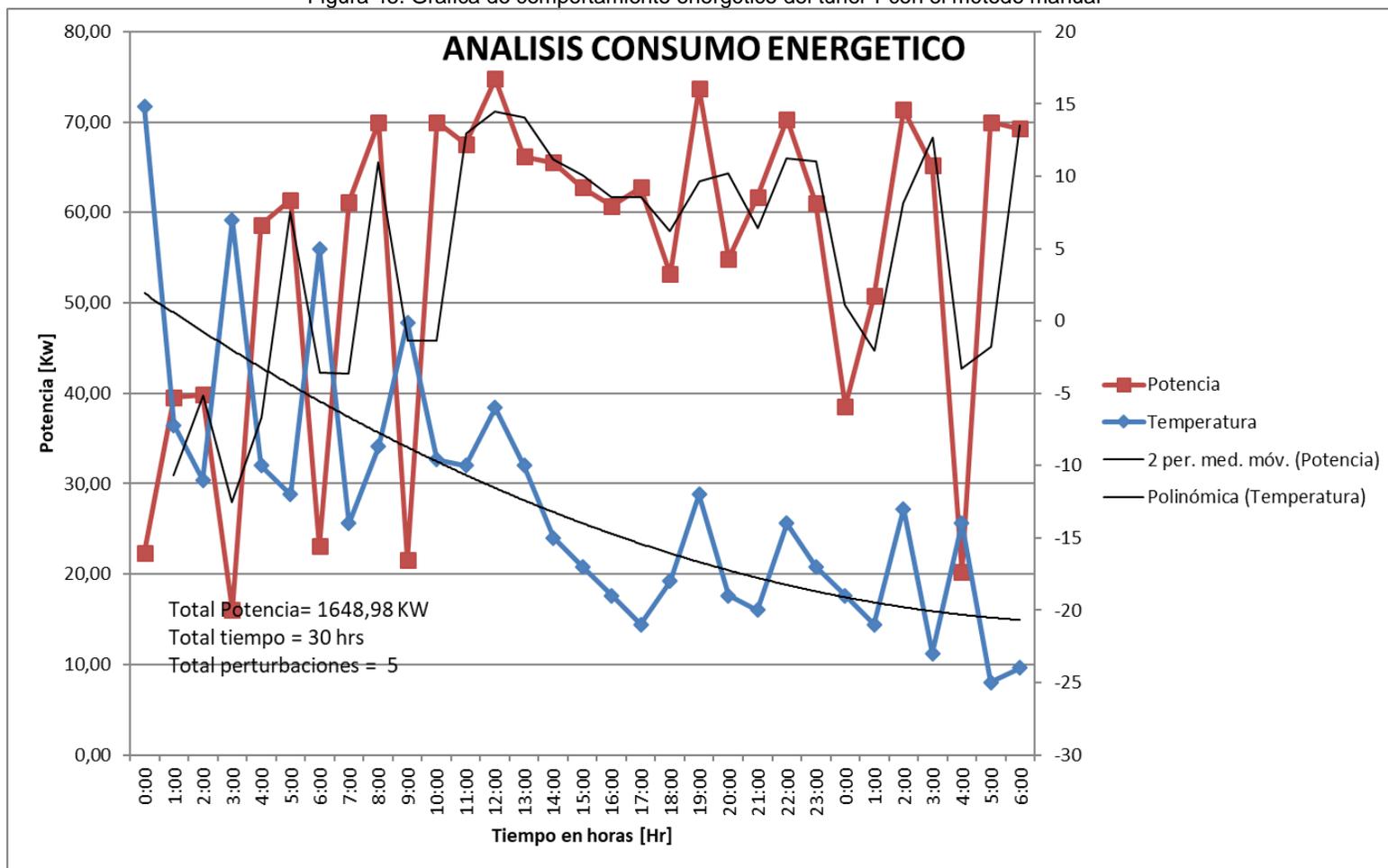
$$= \frac{\text{Costo total [pesos]}}{\text{Tiempo bache congelado [min]}} * \text{Tiempo por aperturas [min]}$$

$$\text{Tiempo bache congelado} = 30 \text{ hors} = 1800 \text{ minutos}$$

$$\text{Costo}_{apertura} [\text{pesos}] = \frac{571.604 \text{ pesos}}{1800 \text{ min}} * 58 \text{ min}$$

$$\text{Costo}_{aperturas} [\text{pesos}] = 18.418$$

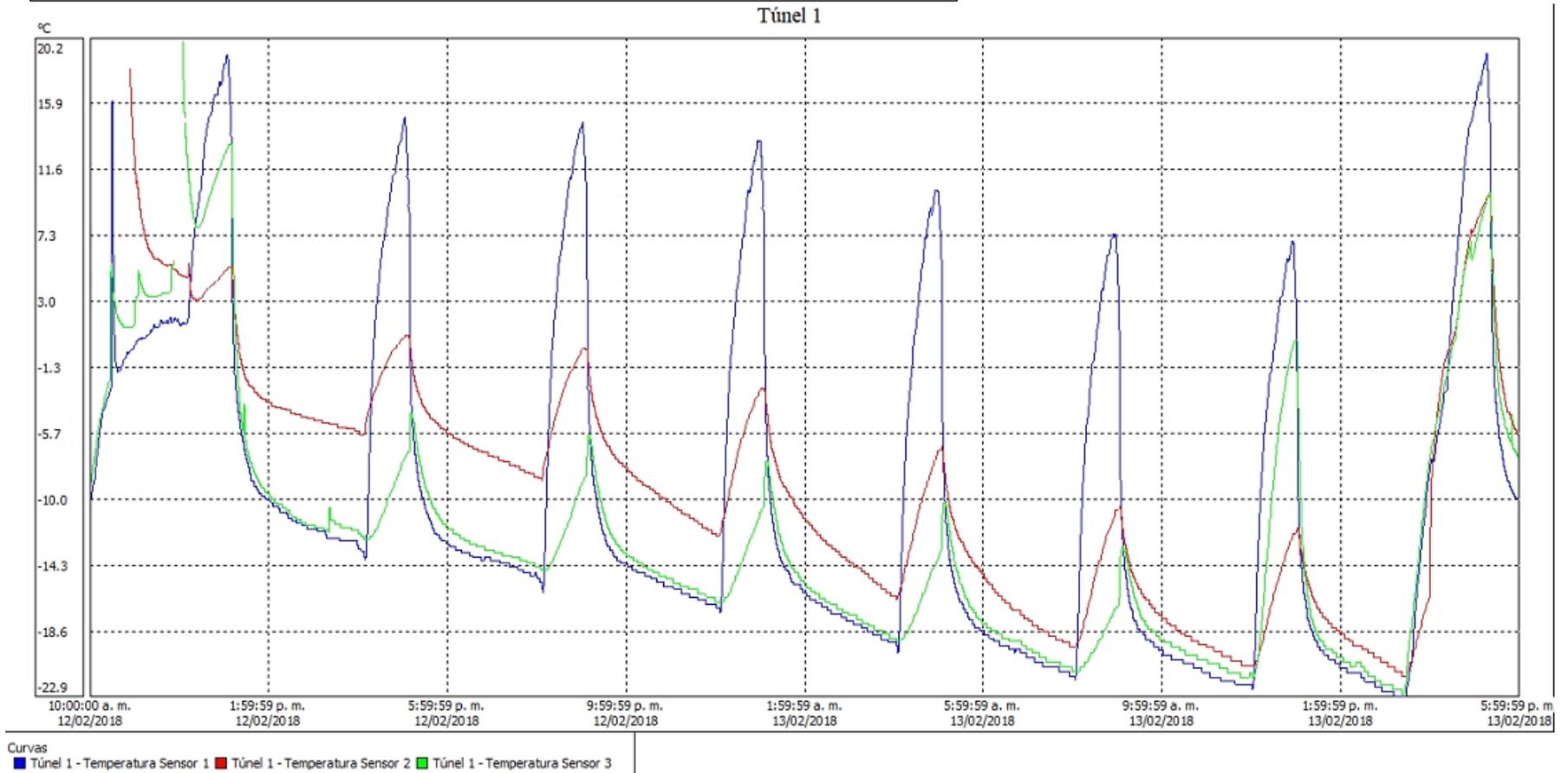
Figura 45. Grafica de comportamiento energético del túnel 1 con el método manual



5.3.1.2. Datos con software de medición (Sitrاد). Grafica general del proceso de congelación

Inicio de proceso tiempo exacto por medio del software

Fecha: 12 febrero 2018; Hora: 12:08:36 pm; Temperatura ambiente: 1,6 °C

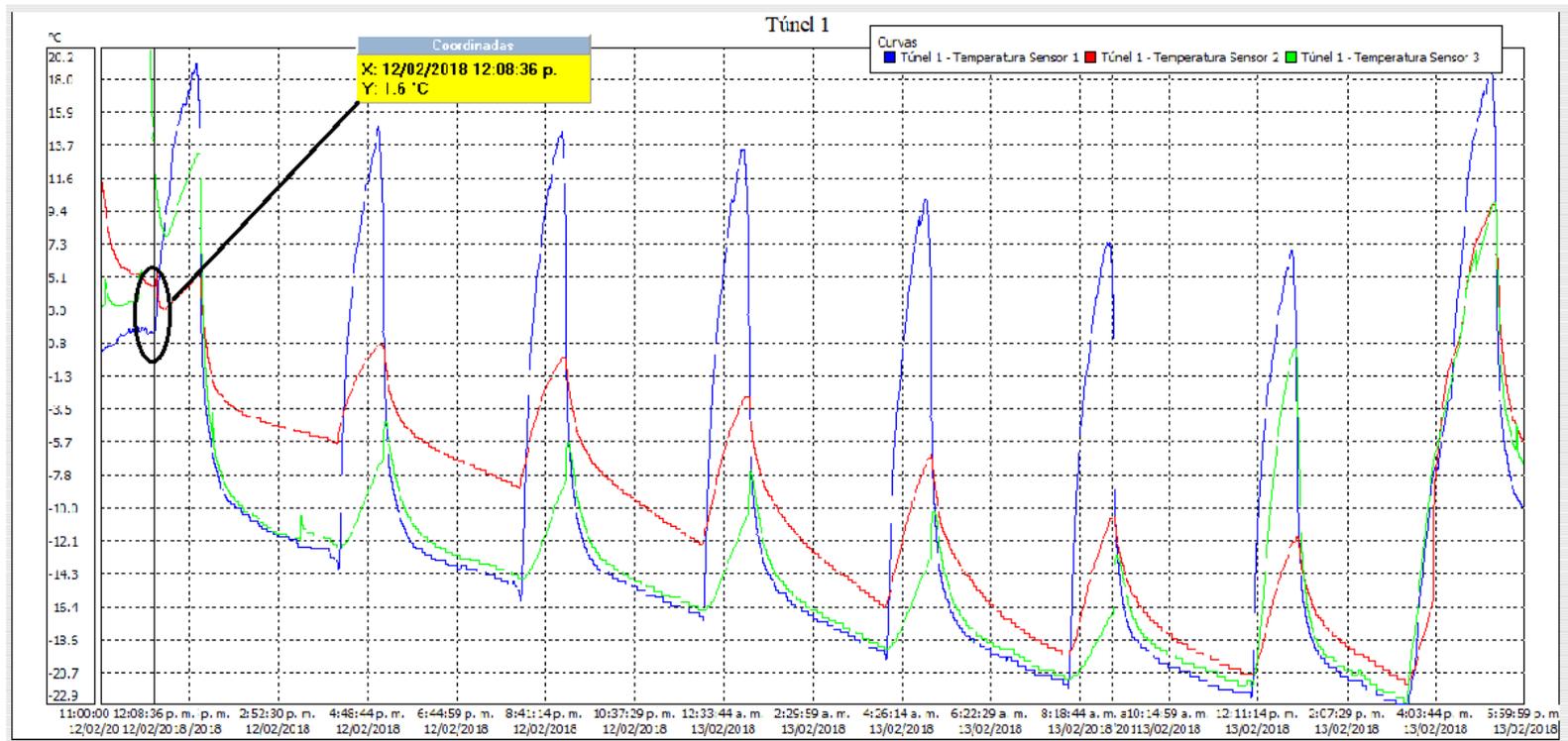


Inicio de proceso tiempo exacto por medio del software

Fecha: 12 febrero 2018

Hora: 12:08:36 pm

Temperatura ambiente: 1,6 °C



Tiempo exacto donde el área de logística da la orden de apagar equipos

Fecha: 13 febrero 2018

Hora: 3:30:35 am.

Temperatura sensor puerta: -21.3 °C

Se evidencia que el producto fue retirado 7:30 hrs después de lo necesario para garantizar temperatura requerida, esta se refleja en gasto energético innecesario.

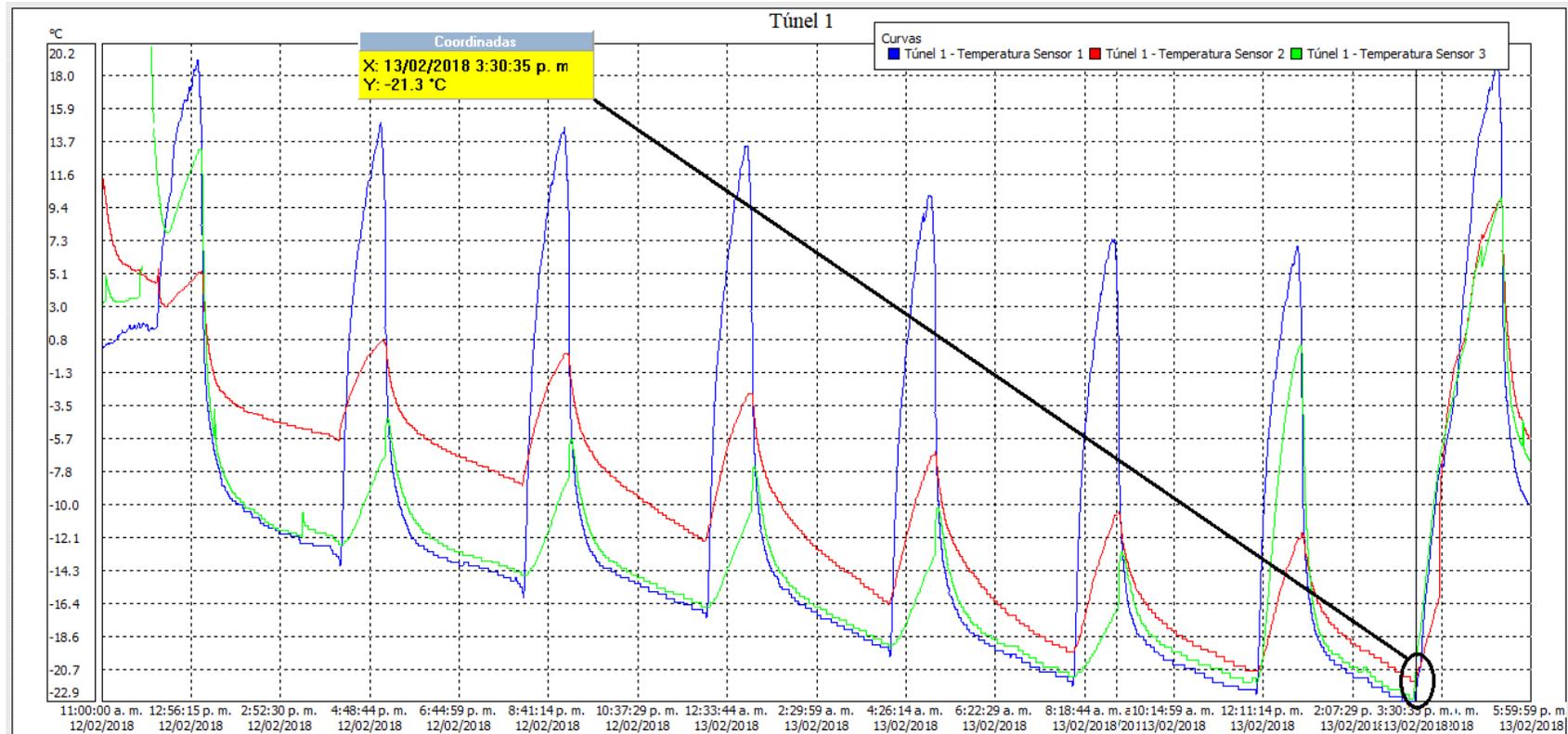


Tabla 9. Tabla resumen de consumos energéticos del túnel 1 con la implementación del software

ITEM NO.	INIC CONGE	FIN DESCONGE	TIEMPO TOTAL	KG	TIEMPO TOT	TIEMPO CONG [HR]	TIEMPO DESCON [HR]	KW CONG [KW]	KW DESCON [KW]	KWH CONG [KWH]	KWH DESCON [KWH]	KWH TOT [KWH]	VALOR [PESOS]
1	12/02/2018 12:08	13/02/2018 15:30	27:22:00	4900	27,37	23,2	4,17	52	28	1206,4	116,67	1323,067	453.811,9
2	12/02/2018 12:08	13/02/2018 8:00	19:52:00	4900	19,87	16,53	3,33	52	28	859,73	93,333	953,0667	326.901,9

Del cuadro anterior, se muestra la tabla resumen de los datos tomados en campo y posteriormente calculados, a diferencia del mes de septiembre del 2017, el valor para el mes de febrero es de 343 pesos/kwh

Se tiene lo siguiente para cada columna:

- ❖ ITEM NO 1: este tiempo corresponde al inicio de congelación y el final de la congelación definido por logística para descargar el túnel.
- ❖ ITEM NO 2: este tiempo corresponde al inicio de congelación y el instante de tiempo que el producto alcanza la temperatura de -18C medido a través de la sonda de penetración, es decir el tiempo ideal para finalizar la congelación del batch
- ❖ TIEMPO TOTAL: Este valor se obtiene de la resta del final de congelación y el inicio de congelación.
- ❖ KG: son los kilogramos de producto que se cargaron en ese batch de congelación.
- ❖ TIEMPO TOT: Es el tiempo total, pero en términos decimales, por ejemplo 30 mins corresponden a 0,5 horas.
- ❖ TIEMPO CONG. Es el tiempo de congelación real que duro en todos sus ciclos el batch de congelación, se extrae de la gráfica generada por el SITRAD.
- ❖ TIEMPO DESCON: Es el tiempo de descongelación real que duro en todos sus ciclos el batch de descongelación, se extrae de la gráfica generada por el SITRAD.
- ❖ KW CONG: Este valor es el promedio de los datos de potencia calculados a través de los datos tomados de intensidad de corriente, tal como se hizo en la sección 5.1.1.1. también se tomaron valores cada hora.

$$Potencia_{promedio} [Kw] = \frac{\sum \text{Datos calculados de potencia}}{\# \text{ datos medidos}}$$

- ❖ KW DESCON: este valor es el promedio de los datos de potencia calculados a través de los datos tomados de intensidad de corriente,

teniendo en cuenta que las resistencias eléctricas están conectadas a 220V, tal como se hizo en la sección 5.1.1.1., se tomaron valores cada hora.

$$Potencia\ descongelacion_{220V} [Kw] = \frac{V * I}{1000}$$

$$Pot\ descon_{220V-promedio} [Kw] = \frac{\sum Datos\ potencia\ descon\ para\ 220V}{\# datos\ medidos}$$

- ❖ KWH CONG: Es el cálculo de los KWH en congelación, este valor viene de la columna de los KW CONG multiplicado por el tiempo total de la congelación del batch, es decir la columna TIEMPO CONG.
- ❖ KWH DESCON: es la multiplicación de la columna KW DESCON por la columna TIEMPO DESCON.

Se observa que de haber sacado el producto en 19:52 hrs, el costo energético total del proceso pudo ser de 326.901 pesos.

El costo real del bache de congelación fue de 453.811,9 pesos, cuyo ahorro sería de 126.910 pesos siguiendo la información obtenida por el software.

Si comparamos los dos procesos, registro manual vs la implementación del software, podemos obtener las siguientes situaciones de análisis:

1. Los dos baches de congelación a pesar de que se realizaron en diferentes instantes de tiempo, tienen producto para un proveedor especial, pollo despresado marinado y con choque de frío a través de IQF
2. Si analizamos el bache de la sección 5.1.1.1, cuyo procedimiento todo fue manual, observamos un costo de operación más elevado que con el software SITRAD:

$$AHORRO\ ENERGETICO[pesos] = Costo\ manual - Costo\ sist.\ monitoreo$$

$$AHORRO\ ENERGETICO = 590.657 - 326.901,9$$

$$AHORRO\ ENERGETICO = 263.755,1\ PESOS\ COLOMBIANOS$$

5.3.2. Datos de medición del túnel 3

5.3.2.1. Datos sin software de medición (método manual). Estos datos fueron registrados los días 14 y 15 de septiembre del 2017 bajo las siguientes condiciones:

Cantidad de producto:	7700 kilogramos de producto preenfriado por IQF.
Condiciones de equipos:	resistencias de deshielo en óptimas condiciones. El compresor se encuentra alimentado a 440V. Los motores del evaporador, los motores del condensador y las resistencias eléctricas están alimentadas a 220V.
Estado condensadora:	lavada minutos antes de iniciar proceso.

Tabla 10. Registro y cálculo de datos de consumos energéticos túnel 3 método manual

		TABULACIONES DE DATOS TOMADOS EN CAMPO - TUNEL ESTACIONARIO 3									MANEJO INTERNO	
		REGISTRO DE CONSUMOS ELECTRICOS TUNELES ESTATICOS DE CONGELACION									Version 01	
FECHA: 13-09-2017 / 15-09-2017												
FECHA	HORA DE MUESTREO	TUNEL ESTatico # 3										
		AMP. [A]		TEMP. [C]	PROCESO	KW 220	KW 440	KW TOT	CERADO	ABIERTO	TIEMPO [min]	OBSERVACION
		220V	440V									
13/09/2017	20:00	58	67	-1,5	REF	19,89	22,98	42,87	X			
13/09/2017	21:00	59	68	-3,5	REF	20,23	23,32	43,55	X			
13/09/2017	22:00	60	57	-10	REF	20,58	19,55	40,12	X			
13/09/2017	23:00	55	60	-12	REF	18,86	20,58	39,44	X			
14/09/2017	0:00	99	0	-2	DEF	21,78	0,00	21,78	X			
14/09/2017	1:00	55	57	-18	REF	18,86	19,55	38,41	X			
14/09/2017	2:00	56	58	-19	REF	19,20	19,89	39,10	X			
14/09/2017	3:00	62	70	-14	REF	21,26	24,01	45,27		X	15	RETIRAR PRODUCTO PARA CLIENTE
14/09/2017	4:00	56	57	-19	REF	19,20	19,55	38,75	X			
14/09/2017	5:00	101	0	-4	DEF	22,22	0,00	22,22	X			
14/09/2017	6:00	56	57	-14	REF	19,20	19,55	38,75	X			
14/09/2017	7:00	57	59	-16	REF	19,55	20,23	39,78	x			
14/09/2017	8:00	55	58	-20	REF	18,86	19,89	38,75	X			
14/09/2017	9:00	99	0	-18	DEF	21,78	0,00	21,78	X			
14/09/2017	10:00	55	60	-21	REF	18,86	20,58	39,44	X			
14/09/2017	11:00	60	68	-10	REF	20,58	23,32	43,90		X	7	Medición de temperatura producto

14/09/2017	12:00	56	56	-17	REF	19,20	19,20	38,41	X			
14/09/2017	13:00	56	57	-21	REF	19,20	19,55	38,75	X			
14/09/2017	14:00	99	0	-13	DEF	33,95	0,00	33,95	X			
14/09/2017	15:00	57	58	-18	REF	19,55	19,89	39,44				
14/09/2017	16:00	55	65	-19	REF	18,86	22,29	41,15	X			
14/09/2017	17:00	97	0	-2	DEF	21,34	0,00	21,34	X			
14/09/2017	18:00	X 55	60	-21	REF	18,86	20,58	39,44	X			
14/09/2017	19:00	59	64	-17	REF	20,23	21,95	42,18		X	10	Retiro de producto
14/09/2017	20:00	57	62	-19	REF	19,55	21,26	40,81	X			
14/09/2017	21:00	56	58	-20	REF	19,20	19,89	39,10	X			
14/09/2017	22:00	55	57	-20	REF	18,86	19,55	38,41				
14/09/2017	23:00	56	57	-23	REF	19,20	19,55	38,75	X			
15/09/2017	0:00	55	56	-24	REF	18,86	19,20	38,07	X			
15/09/2017	1:00	54	57	-25	REF	18,52	19,55	38,07	X			
15/09/2017	2:00	0	0	-26	CICLANDO	0,00	0,00	OFF	X			
15/09/2017	3:00	0	0	-23	OFF	0,00	0,00	OFF		X	8	Medicion de temperatura y descargue
		31	59,69	46,97	PROMEDIOS	18,95	16,11	37,39	\$/KW	PESOS	40	TOTAL APERTURAS [MIN]
					TOTAL	587,39	499,34	1086,73	346,64	376.705		

- ✓ Para el cálculo de potencia de este túnel de congelación, el formato diligenciado para los operarios de refrigeración presenta un cambio importante desde el punto de la medición ya que el compresor maneja un diferencial de voltaje de 440 V, y para los motores del condensador, evaporador y resistencias eléctricas maneja un diferencial de 220V, así que el formato es diferente. Mediante la siguiente formula se calcula la potencia para cada uno de los datos medidos, existen dos columnas de potencia eléctrica, uno para voltaje de 440V y el otro para el voltaje de 220V, y registramos el cálculo en el cuadro arriba mostrado, por ejemplo, el dato tomado para la 1:00 de la mañana del día 15-09-2017 a 440V se tiene:

$$Potencia_{440V} = \frac{Voltaje * Corriente * \sqrt{3} * \cos \Phi}{1000}$$

$$Potencia_{440V} = Kw$$

$$Voltaje = 440 V$$

$$Corriente = 57 [A]$$

$$\cos \Phi = 0,9 \text{ (Factor de potencia)}$$

$$Potencia_{440V} = \frac{440[V] * 57[A] * \sqrt{3} * \cos \Phi}{1000} [KW]$$

$$Potencia_{440V} = 19,55 [KW]$$

- ✓ se realiza el mismo procedimiento para calcular en ese instante de tiempo medido pero a 220V. y se tiene como resultado:

$$Potencia_{220V} = 18,52 [KW]$$

- ✓ Es necesario calcular la potencia promedio para calcular finalmente la potencia total en el batch de congelación, entonces en el cuadro anterior se realiza un promedio de los 31 datos tomados.

$$Potencia_{440V-promedio} [Kw] = \frac{\sum \text{Datos calculados de potencia para 440V}}{\# \text{ datos medidos}}$$

$$Potencia_{440V-promedio} [Kw] = \frac{515,45}{31}$$

$$Potencia_{440V-promedio} [Kw] = 16,11$$

- ✓ Tal como el calculo anterior, se calcula la potencia promedio pero a 220V, y tenemos como resultado:

$$Potencia_{220V-promedio} [Kw] = 18,95$$

- ✓ Para calcular la energia total consumida en el bache de congelacion, se multiplica por las horas de congelacion que duro el bache :

$$ENERGIA_{total a 440V} [Kw] = Potencia_{440V-promedio} [Kw] * 31 horas$$

$$ENERGIA_{total a 440V} [Kw] = 16,11[Kw] * 31 horas$$

$$ENERGIA_{total a 440V} [Kw * h] = 499,34$$

- ✓ Calculamos tambien la energia total consumida que duro el batch de congelación pero a 220V.

$$ENERGIA_{total a 220V} [Kw * h] = 587,39$$

- ✓ Ahora se procede a calcular el costo total de la congelacion, mediante la siguiente formula:

$$Costo total [pesos]$$

$$= [ENERGIA_{total a 440V} + ENERGI A_{total a 220V}][Kwh]$$

$$* VALOR \left[\frac{pesos}{Kwh} \right]$$

Despejando valores :

$$ENERGIA_{total a 440V} [Kwh] = 499,34$$

$$ENERGIA_{total a 220V} [Kw * h] = 587,39$$

$$Costo total [pesos]$$

$$= 346,64 \left[\frac{pesos}{Kwh} \right] (valor tomado factura mes de septiembre$$

$$Costo total [pesos] = [499,34 + 587,39] * 346,64$$

$$Costo total [pesos] = 376.704,09$$

- ✓ Calculamos el valor de los 40 minutos en pérdida por perturbaciones en el tunel a través de la apertura de puertas. Solo se pudo medir el tiempo de puerta abierta, por no poseer un sistema de medición, no se sabe el tiempo de la recuperación de la temperatura del tunel, pero si el aumento en los consumos energeticos del sistema y el tiempo total del proceso de congelación.

$$\text{Costo total [pesos]} = 376.704,09$$

$$\text{Costo}_{\text{por apertura}} \text{ [pesos]}$$

$$= \frac{\text{Costo total [pesos]}}{\text{Tiempo del bache congelado [min]}}$$

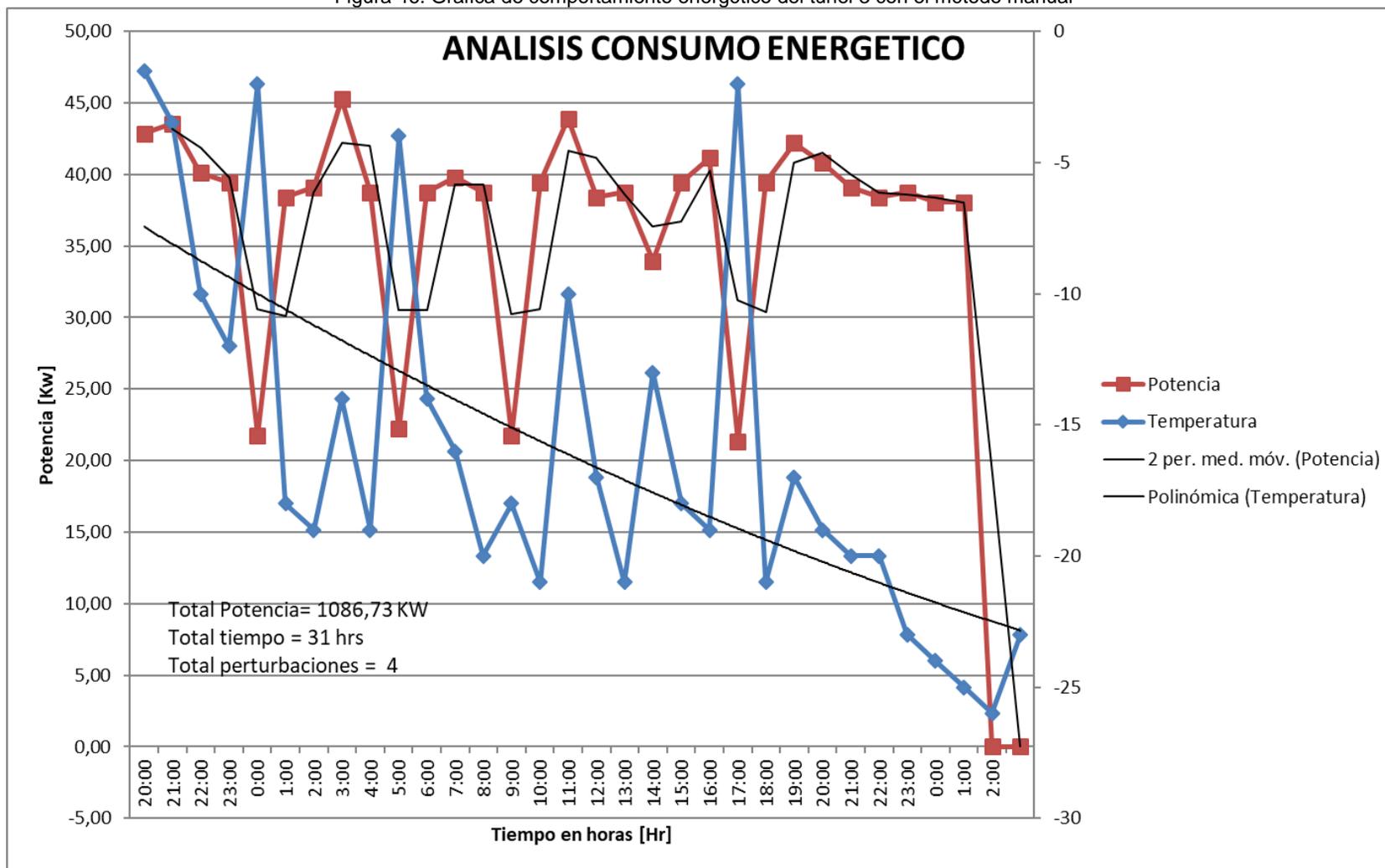
$$* \text{Tiempo perdidas por aperturas [min]}$$

$$\text{Tiempo del bache congelado} = 31 \text{ horas} = 1860 \text{ minutos}$$

$$\text{Costo}_{\text{por apertura}} \text{ [pesos]} = \frac{376.704,09 \text{ pesos}}{1860 \text{ min}} * 40 \text{ min}$$

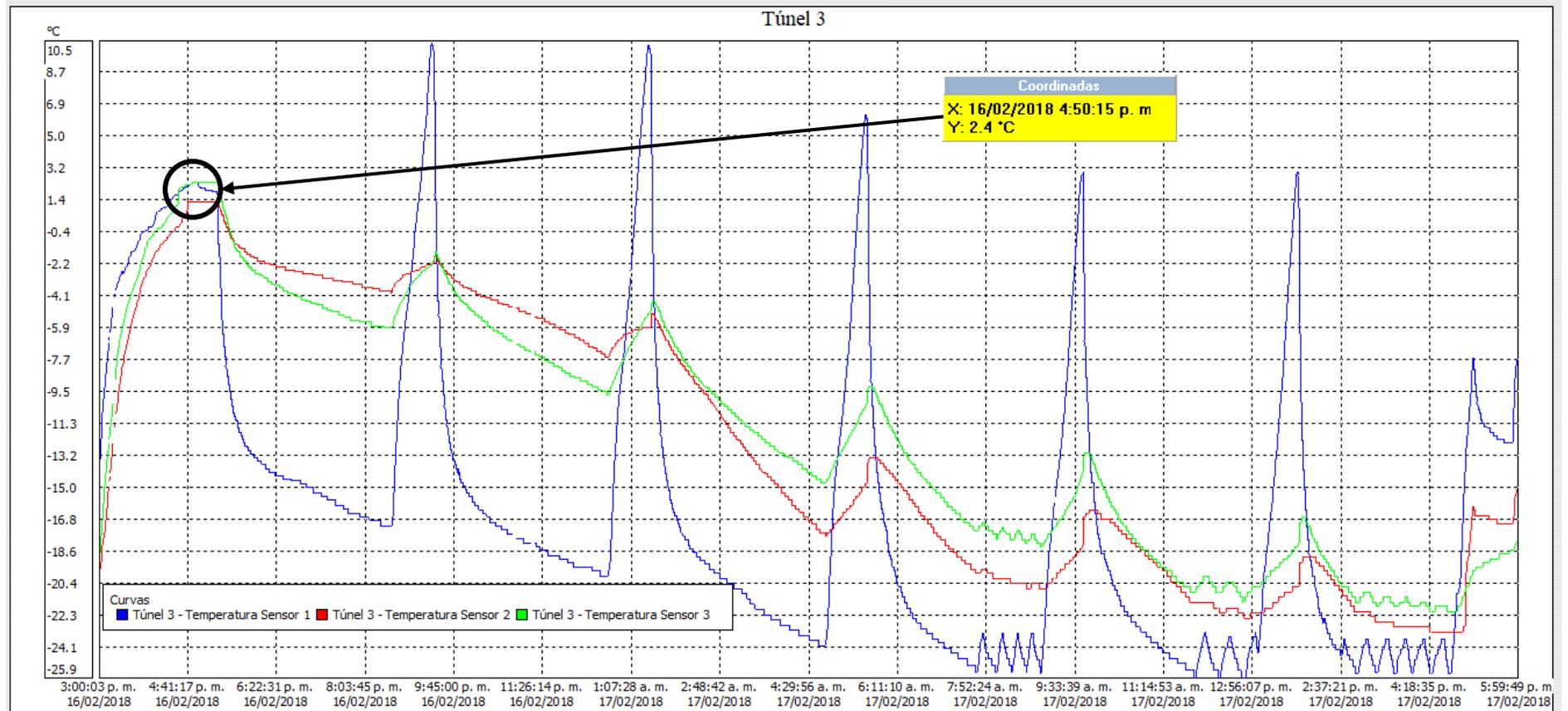
$$\text{Costo}_{\text{por aperturas}} \text{ [pesos]} = 8.101,16$$

Figura 46. Grafica de comportamiento energético del túnel 3 con el método manual



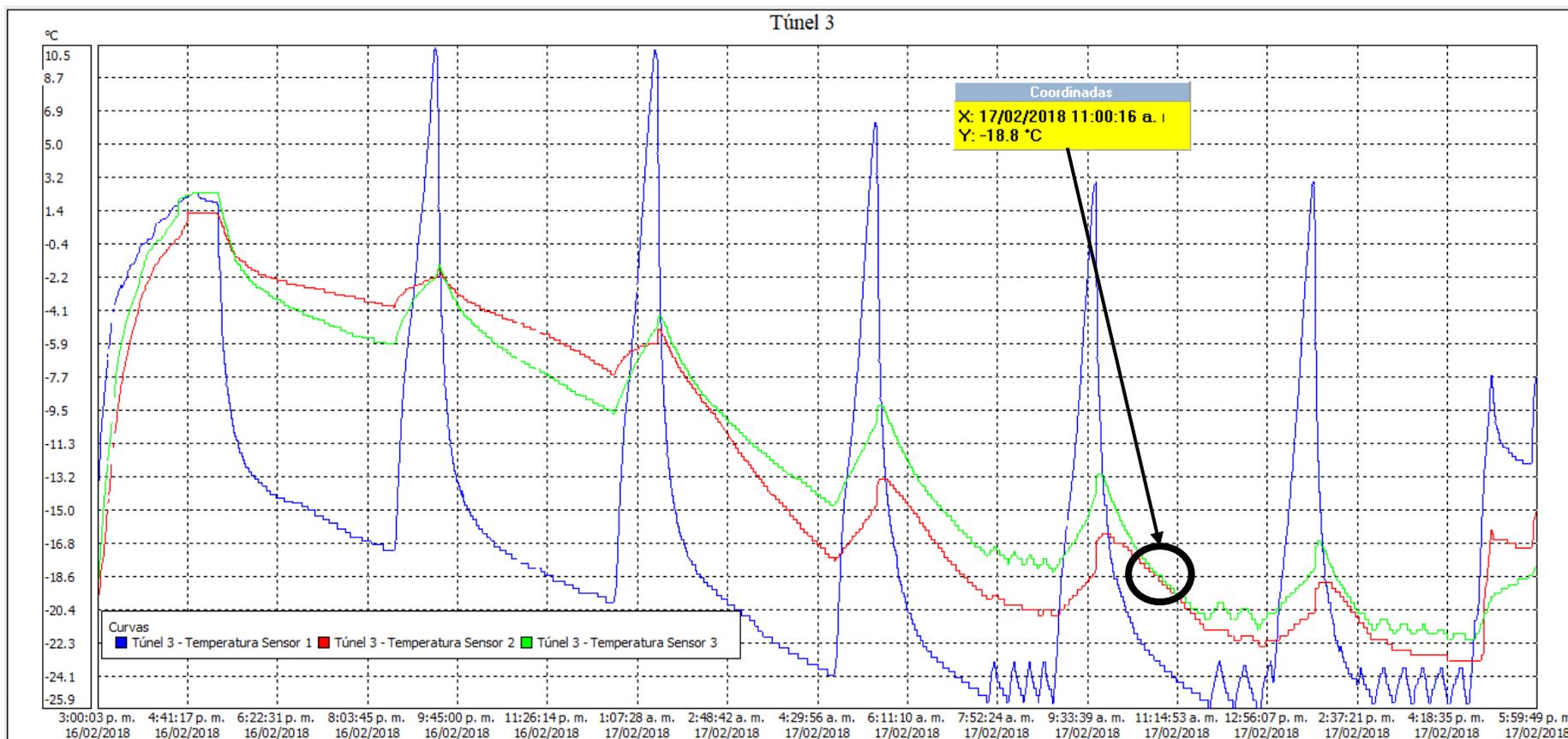
5.3.2.2. Datos con software de medición (Sitrad). Grafica general del proceso de congelación

Inicio de proceso tiempo exacto por medio del software
Fecha: 16 febrero 2018; Hora: 5:10:10 pm; Temperatura ambiente: 2 °C



Tiempo exacto para terminación de proceso de congelación
Fecha: 17 febrero 2018
Hora: 11:00:16 am.
Temperatura sensor puerta: -18.8 °C
Temperatura sensor fondo: -18,8°C

Tiempo total de congelación: 18:17 horas
Se observa en la gráfica que esta es la temperatura mínima para retirar el producto según el INVIMA, por tal motivo se puede dar por terminado el proceso de congelación; se debe anotar que por parte del área de mantenimiento se informó que el producto ya estaba listo para retirar del túnel.



Tiempo exacto donde el área de logística da la orden de apagar equipos:

Fecha: 17 febrero 2018

Hora: 4:40:35 pm.

Temperatura sensor puerta: -23.3 °C

Temperatura sensor fondo: -22.4 °C

Temperatura ambiente: -25.7 °C

Se evidencia que el producto fue retirado 5:40 hrs después de lo necesario para garantizar temperatura requerida, esta se refleja en gasto energético innecesario.

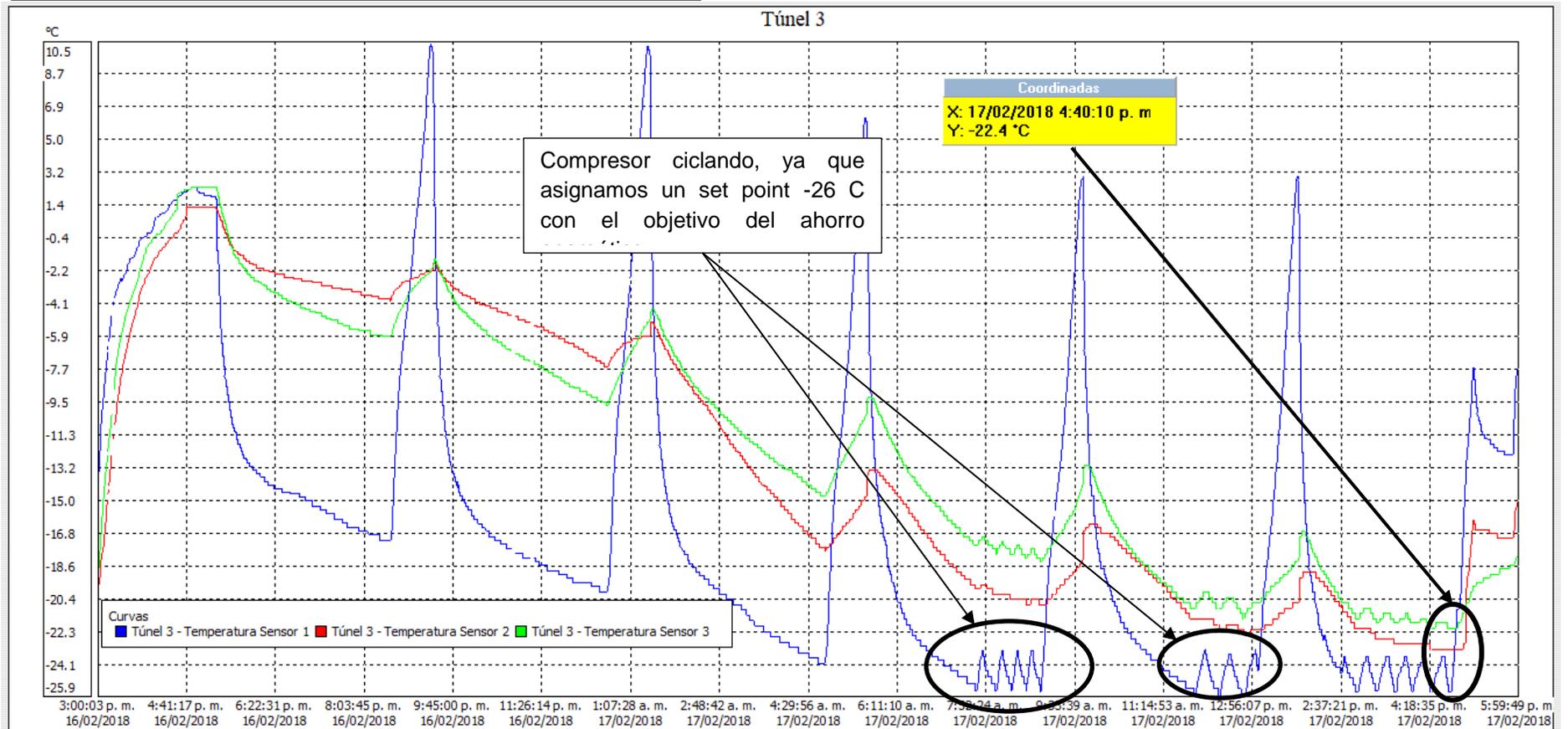


Tabla 11. Tabla resumen de consumos energéticos del túnel 3 con la implementación del software

NO.	INICIO CONGELACIÓN	FIN CONGELACIÓN	TIEMPO TOTAL	KG	TIEMPO TOT.	TIEMPO CONG.	TIEMPO DESCON.	KW CONG 220V	KW CONG 440V	KW DESCON 220V	KWH CONG 220V	KWH CONG 440V	KWH DESCON 220V	KWH TOT	VALOR
1	16/02/2018 16:50	17/02/2018 16:40	23:50:00	7300	23,83	17,58	3,75	17	35	30	298,917	615,417	112,500	1026,833	352.203,8
2	16/02/2018 16:50	17/02/2018 11:00	18:10:00	7300	18,17	14,07	3,00	17	35	30	239,133	492,333	90	821,467	281.763,1

Del cuadro anterior, se muestra la tabla resumen de los datos tomados en campo y posteriormente calculados, a diferencia del mes de septiembre del 2017, el valor para el mes de febrero es de 343 pesos/kwh

Se tiene lo siguiente para cada columna según el cuadro anterior:

- ❖ ITEM NO 1: este tiempo corresponde al inicio de congelación y el final de la congelación definido por logística para descargar el túnel.
- ❖ ITEM NO 2: este tiempo corresponde al inicio de congelación y el instante de tiempo que el producto alcanzo la temperatura de -18C medido a través de la sonda de penetración, es decir el tiempo ideal para finalizar la congelación del batch
- ❖ TIEMPO TOTAL: Este valor se obtiene de la resta del final de congelación y el inicio de congelación.
- ❖ KG: son los kilogramos de producto que se cargaron en ese batch de congelación.
- ❖ TIEMPO TOT: Es el tiempo total, pero en términos decimales, por ejemplo 30 mins corresponden a 0,5 horas.
- ❖ TIEMPO CONG. Es el tiempo de congelación real que duro en todos sus ciclos el batch de congelación, se extrae de la gráfica generada por el SITRAD.
- ❖ TIEMPO DESCON: Es el tiempo de descongelación real que duro en todos sus ciclos el batch de descongelación, se extrae de la gráfica generada por el SITRAD.
- ❖ KW CONG 220V: Este valor es el promedio de los datos de potencia calculados a través de los datos tomados de intensidad de corriente, pero a 220V, tal como se hizo en la sección 5.1.2.1. también se tomaron valores cada hora.

$$Potencia_{220V-promedio} [Kw] = \frac{\sum \text{Datos calculados de potencia para 220V}}{\# \text{ datos medidos}}$$

- ❖ KW CONG 440V: Este valor es el promedio de los datos de potencia calculados a través de los datos tomados de intensidad de corriente, pero a 440V, tal como se hizo en la sección 5.1.2.1. también se tomaron valores cada hora.

$$Potencia_{440V-promedio} [Kw] = \frac{\sum \text{Datos calculados de potencia para 440V}}{\# \text{ datos medidos}}$$

- ❖ KW DESCON 220V: este valor es el promedio de los datos de potencia calculados a través de los datos tomados de intensidad de corriente, teniendo en cuenta que las resistencias eléctricas están conectadas a 220V, tal como se hizo en la sección 5.1.2.1., se tomaron valores cada hora.

$$Potencia \text{ descongelacion}_{220V} [Kw] = \frac{V * I}{1000}$$

$$Pote \text{ descon}_{220V-promedio} [Kw] = \frac{\sum \text{Datos calculados pot desgon para 220V}}{\# \text{ datos medidos}}$$

- ❖ KWH CONG 220V: Es el cálculo de los KWH en congelación a 220V, este valor viene de la columna de los KW CONG 220V multiplicado por el tiempo total de la congelación del batch, es decir la columna TIEMPO CONG.
- ❖ KWH CONG 440V: es la multiplicación de la columna KW CONG 440V por la columna TIEMPO CONG.
- ❖ KWH DESCON 220V: es la multiplicación de la columna KW DESCON 220V por la columna TIEMPO DESCON.

Se observa que de haber sacado el producto en 18:10 hrs, el costo energético total del proceso pudo ser de 286.763 pesos.

El costo real del batch de congelación fue de 352.203,8 pesos, cuyo ahorro sería de 70.440,8 pesos siguiendo la información obtenida por el software.

Si comparamos los dos procesos, registro manual vs la implementación del software, podemos obtener las siguientes situaciones de análisis:

1. Los dos batchs de congelación a pesar de que se realizaron en diferentes instantes de tiempo, tienen producto para un proveedor especial, pollo despresado marinado, con choque de frío a través de IQF y con pesajes muy similares.
2. Si analizamos el batch de la sección 5.1.2.1, cuyo procedimiento fue manual, observamos un costo de operación más elevado que con el software SITRAD:
- 3.

AHORRO ENERGETICO[pesos]

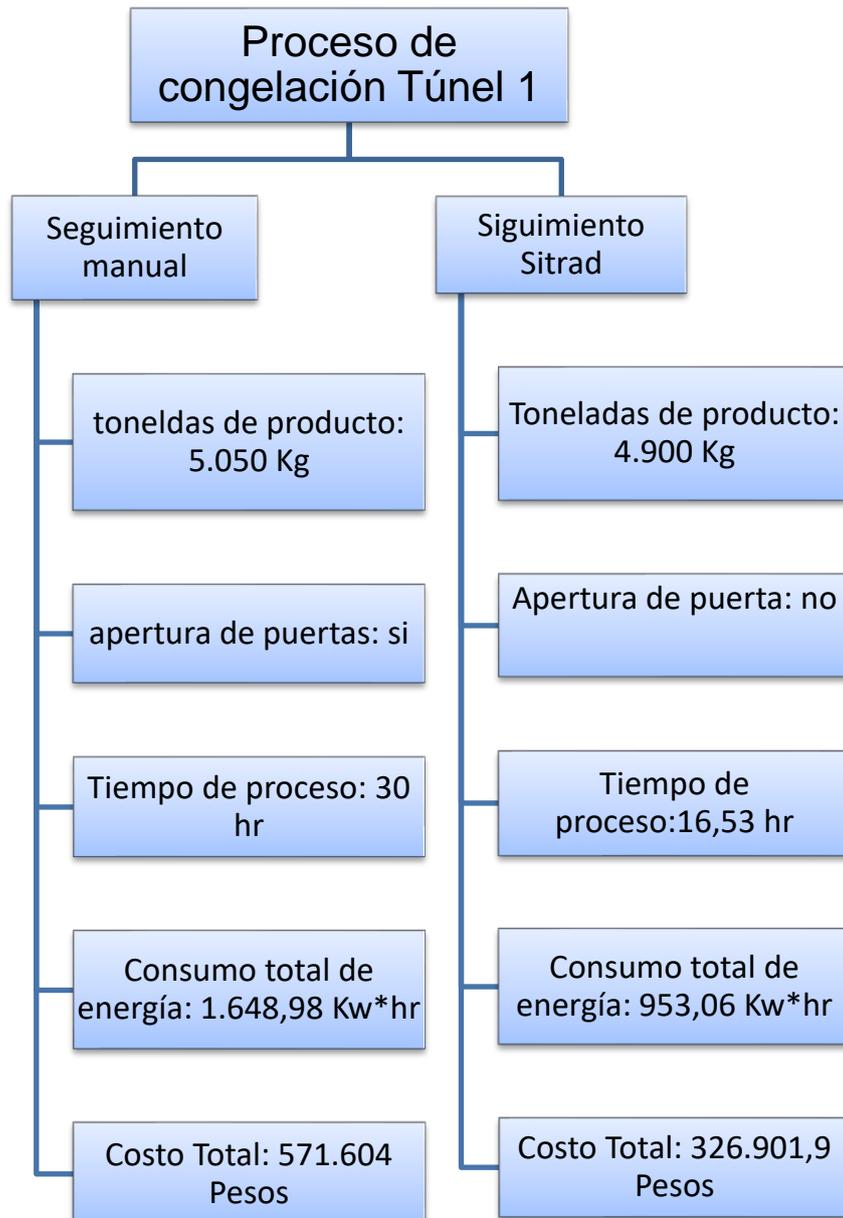
= Costo manual – Costo sistema de monitoreo

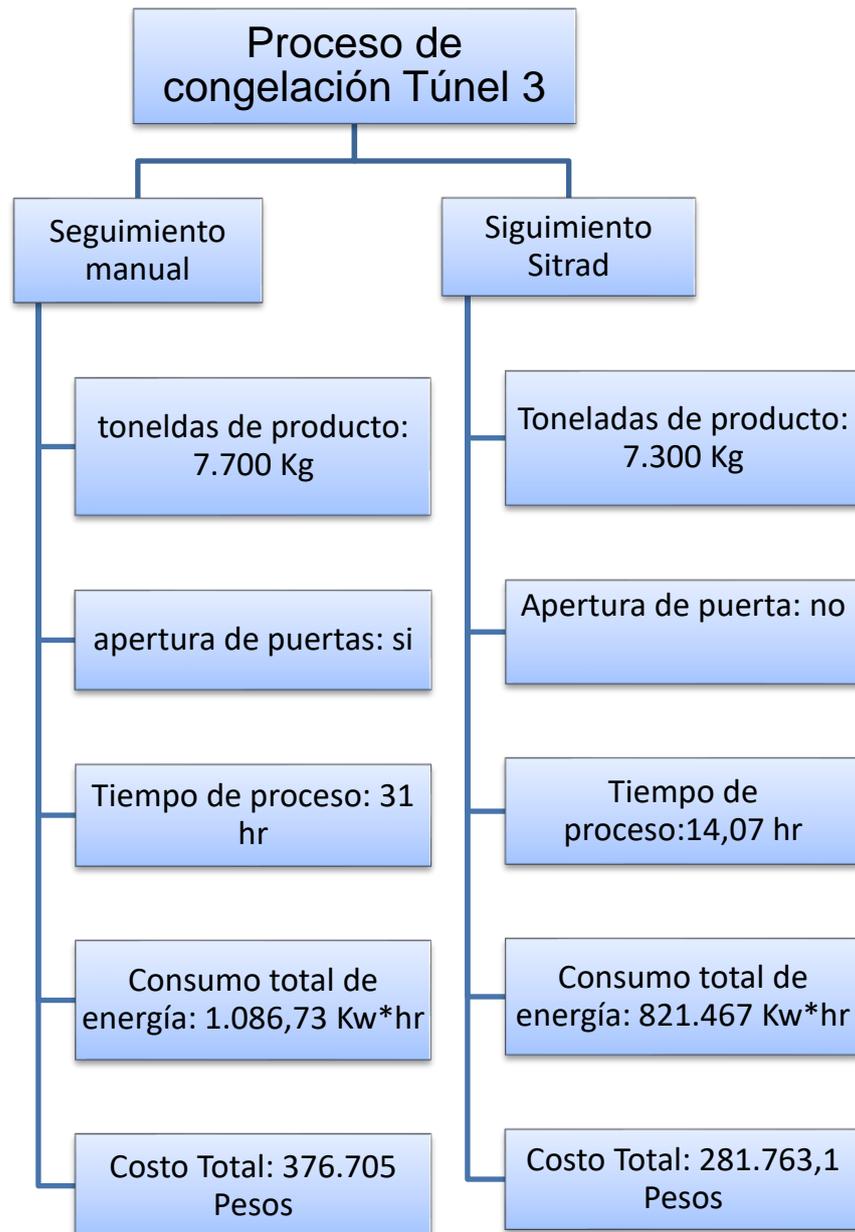
AHORRO ENERGETICO = 376.704 – 281.763,19

AHORRO ENERGETICO = 91.985,81 PESOS

5.4. Interpretación de los resultados

- Se observan grandes ahorros energéticos entre los dos ejercicios realizados por cada túnel, la operación manual y la implementación del software SITRAD:





- Seguimiento en tiempo real de la temperatura del producto y cuarto (registro de datos de cada 5 segundos).
- Se observa en las gráficas del análisis energético que al realizar la apertura de puertas se aumenta la potencia eléctrica del túnel y también se refleja en un aumento en la temperatura del túnel.
- Tal como se evidencio en los dos ejercicios, con la implementación del sistema SITRAD podremos dar con seguridad el momento exacto para la finalización del proceso de congelación de un batch, ya que a través de las

sondas de penetración se visualizan las temperaturas internas del producto, y si obedecemos estas tendencias podremos generar ahorros de energía hasta del 40%.

- La metodología adoptada para la medición de la intensidad de corriente en los túneles de congelación, que se resume en registrar con pinza voltiamperimétrica acarrea situaciones:
 - Los datos se tomaban cada hora, así que los 60 minutos no fueron exactos debido a la dinámica del proceso diario de la planta y en diferentes actividades que vinculan la responsabilidad del mantenimiento en la planta.
 - Al totalizar los consumos energéticos fueron promediados según los datos tomados, y posteriormente este valor se multiplicó por las horas que duró el batch de congelación.

5.5. Otros resultados

5.5.1. Control de fallas en equipos: Por medio del comportamiento del proceso de congelación y realizando seguimiento a la gráfica se ha podido determinar en varias ocasiones fallas del sistema de refrigeración por diversos motivos (compresor apagado, condensador sucio, presostatos disparados, caídas de tensión de la red, entre otros.).

5.5.2. Nivel operativo: El personal de mantenimiento solicitó la instalación de una pantalla externa en un lugar visible para el seguimiento constante de los túneles, por el motivo que no todos poseen datos móviles, Figura 47.

Figura 47. Pantalla en taller de mantenimiento Avicampo



6. PROCEDIMIENTO DE CARGUE DE LOS TUNELES

Por medio del software se determinó, que se debe construir e implementar un protocolo o procedimiento de cargue y descargue de los túneles, para evitar inconvenientes en el proceso de congelación.

Se evidencio a través del software SITRAD que el personal de producción realizaba apertura de puertas con los sistemas encendidos, obviamente un mal procedimiento operativo ya que genera bloqueos en el evaporador. Se indaga con los operarios y se encontró que realizan cargues por baches parciales, con productos de diferentes temperaturas; esto género que productos que ya se encontraba en temperatura de congelación recibiera un choque térmico (aumento la temperatura), el personal cree que la temperatura inferior del producto ayuda a mejorar el producto con temperatura mayor, se observó que se estabiliza en aumento de temperatura, hubo incremento del proceso en 4 horas, esto hace que el costo por kilo congelado se incremente por el consumo energético.

Por este motivo de determina crear e implementar, capacitar y socializar al personal responsable de los túneles, el procedimiento de cargue de túneles. (Ver **ANEXO A**)

7. DIFICULTADES Y RECOMENDACIONES

- ✓ Los encargados de los procesos de cargue y descargue de los cuartos deben tener las siguientes consideraciones:
 - Insertar los punzones al producto inmediatamente ingresado.
 - Se deben retirar con precaución los punzones, debido a la congelación del producto se dilata y el punzón se aprieta, y al halar bruscamente este, se puede fracturar.

- ✓ Las sondas de penetración de fullgauge resultaron ser frágiles al producto congelado y los operarios constantemente las partían y rompían. Así que se diseñaron unas sondas en acero inoxidable adaptándolas son sondas de temperatura, así como se muestra en la siguiente imagen.

Figura 48. Sonda penetración modificada



8. CORNOGRAMA

Etapa	Fecha de Inicio	Fecha de Finalización	Duración	Progreso	Días completados	Días para finalizar
Compra de elementos	15/06/2017	4/08/2017	50	100%	50	0
Ensamble del gabinete	6/08/2017	31/08/2017	25	100%	25	0
Instalación gabinete	4/09/2017	10/09/2017	6	100%	6	0
Instalación de cableado	11/09/2017	23/09/2017	12	100%	12	0
Instalación de sondas	25/09/2017	3/10/2017	8	96%	7,68	0,32
Calibración de equipos	6/10/2017	8/10/2017	2	100%	2	0
seguimiento y toma de datos	15/11/2017	13/02/2018	90	100%	90	0
Análisis de Datos	1/02/2017	21/02/2017	20	100%	20	0
Finalización Proyecto	22/02/2017	4/03/2017	10	100%	9,95	0,05



9. PRESUPUESTO

Los recursos para los elementos o materiales necesarios para el desarrollo del proyecto el 90 % son de la Empresa Avícola El Madroño S.A (Avicampo)., distribuido de la siguiente forma:

Hoja principal de costos

Presupuesto				
Nombre	Hugo Guerrero Pabón		Datos cliente	
Dirección			Nombre	Avícola el Madroño S.A.
Teléfono			Dirección	calle 7 #15-95
E-mail			Teléfono	321 213 8920
Fecha presupuesto	20-mar.-18	Validez:		
DESCRIPCIÓN	PRECIO	% DTO.	PRECIO DTO.	TOTAL
Materiales	5.103.000,00		\$5.103.000,00	\$5.103.000,00
Servicios	664.000,00		\$664.000,00	\$664.000,00
Documentación	103.400,00		\$103.400,00	\$103.400,00
Mano de obra	3.312.420,00		\$3.312.420,00	\$3.312.420,00
Imprevistos	680.200,00		\$680.200,00	\$680.200,00
			Total Bruto	\$9.863.020,00
			I.V.A. %	19%
				\$1.873.973,80
Total				\$11.736.993,80
Forma de pago	Cheque	Débito	Efectivo	
Realizó:	ACEPTO EL PRESUPUESTO. Nombre, apellidos y firma del cliente.			

Hoja de cálculo detallado:

Hoja de cálculo detallado:

ITEM S	DENOMINACION	UN	CANT	PRECIO UNITARIO	PRECIO TOTAL
1	Materiales				\$ 5.103.000,00
1,1	gabinete plastica 60cm*40cm*25cm	nº	1,00	\$ 655.000,00	\$ 655.000,00
1,2	cable apantallado 8 hilos	m	400,00	\$ 1.700,00	\$ 680.000,00
1,3	sondas de punzón	nº	4,00	\$ 120.000,00	\$ 480.000,00
1,4	sondas S32	nº	24,00	\$ 12.000,00	\$ 288.000,00
1,5	control TI 33Riplus	nº	4,00	\$ 185.000,00	\$ 740.000,00
1,6	Control TI 44Riplus	nº	8,00	\$ 184.000,00	\$ 1.472.000,00
1,7	bolques de conexión	nº	12,00	\$ 26.000,00	\$ 312.000,00
1,8	tubería y canaletas	m	14,00	\$ 25.000,00	\$ 350.000,00
1,9	conven 32	nº	1,00	\$ 126.000,00	\$ 126.000,00
2					\$ 0,00
3	Servicios				\$ 664.000,00
3,1	troquelado y adecuación de gabinete	nº	1,00	\$ 456.000,00	\$ 456.000,00
3,2	Fabricacion de nuevos punzónes	nº	8,00	\$ 26.000,00	\$ 208.000,00
3,3					\$ 0,00
4	Documentación				\$ 103.400,00
4,1	Resma de papel tamaño carta	nº	1,00	\$ 13.000,00	\$ 13.000,00
4,2	tintas impresora Epson	nº	4,00	\$ 22.600,00	\$ 90.400,00
4,3					\$ 0,00
5	Mano de obra				\$ 3.312.420,00
5,1	Ingenieria	hr	500,00	\$ 5.625,00	\$ 2.812.500,00
5,2	tecnico operativo	hr	120,00	\$ 4.166,00	\$ 499.920,00
5,3					
6	Imprevistos				\$ 680.200,00
6,1	servicio de fletes	nº	2,00	\$ 13.800,00	\$ 27.600,00
6,2	tubos de silicona Sika antihogos blanca	nº	2,00	\$ 14.800,00	\$ 29.600,00
6,3	herramientas varias	nº	1,00	\$ 623.000,00	\$ 623.000,00
6,4					

10. CONCLUSIONES

Por medio de la implementación del sistema de monitoreo de temperatura se logra optimizar los tiempos en cada bache de congelación en los túneles, mejoró el proceso logístico y de despachos de la compañía.

Se encontró en el país los equipos brasileños de la empresa Full Gauge, con software Sitrad, su proceso de instalación fue amigable y su configuración entre los módulos instalados dieron los resultados esperados, algunas dificultades en la comunicación remota debido a las protecciones y protocolos de seguridad establecidos por partes de la empresa Avicampo.

En Colombia la tecnología aplicada para el monitoreo de temperaturas se encuentra enfocada al transporte refrigerado y posicionamiento satelital, así que la selección del software SITRAD de full gauge cumple con la expectativa y alcance de las necesidades requeridas.

El software SITRAD directamente guarda en una librería o base de datos guarda la información de registro de cada uno de los instrumentos instalados, este registro puede ser leído en un archivo de texto o de forma gráfica.

A través de la implementación del sistema de monitorea se controla la apertura de puertas o perturbaciones para la verificación de la temperatura del producto, esto llevo a que el cuarto sea más eficiente y disminuya el consumo energético.

Después de analizar y comparar los resultados obtenidos se concluye que es de gran importancia el poder realizar seguimiento al proceso de congelación y que los beneficios económicos son considerables en un corto y mediano plazo; se observa que las perturbaciones por sensado del producto de manera manual alarga el proceso de congelación, y esto lleva a incremento en el

consumo energético que se ve reflejado en la facturación mensual de la energía eléctrica.

Finalmente, lo crítico de todo el proceso es el cuidado de los equipos, el personal operativo de los cuartos no es consciente del beneficio para ellos y destruyen los punzones o sondas de pinchar el producto, a pesar de realizar capacitación por la rotación elevada del personal (retiros e ingreso de nuevos operarios), se presenta la rotura de estos instrumentos.

Se diseño e implemento el sistema de monitoreo de temperatura para cuartos ríos especialmente en túneles de congelación en la planta de procesamiento de productos cárnicos AVICAMPO,

BIBLIOGRAFÍA

GONZÁLEZSIERRA, Carlos, Diseño y cálculo de instalaciones de climatización, Cano Pina, 2013.

MIRANDA BARRERAS, Ángel Luis y RUFES MARTÍNEZ, Pedro. Ciclos de Refrigeración. Ceac, Barcelona, 2003.

HEATCRAFT,

<https://www.heatcrafttrpd.com/productcatalog/productdetail.aspx?TabIdx=1&PID=159054&cID=3>

FULLGAUGE, <http://www.fullgauge.com/es/manuales/ti-44e-plus>

ANEXOS

ANEXO A. PROCEDIMIENTO DE CARGUE DE TUNELES DE CONGELACIÓN

	PROGRAMA DE MANTENIMIENTO	Código:
		Versión: 01
	PROCEDIMIENTO DE CARGUE TUNELES DE CONGELACIÓN	Fecha de Emisión: septiembre 2017

OBJETIVO: Realizar cargues de producto eficientemente en los túneles estáticos de congelación 1, 2, 3 y 4 de la planta de beneficio AVICAMPO

ALCANCE: Este procedimiento es implementado para el personal de despachos de la planta de AVICAMPO.

RESPONSABLE: El control del cargue en cada uno de los túneles será atribuido al supervisor de despachos de turno.

CONCEPTOS:

ALMACENAMIENTO: Dar ubicación o utilización óptima de un espacio asignado para colocar una determinada cantidad de elementos o referencias.

TUNEL ESTATICO DE CONGELACION: también llamados batch freezer por sus siglas en inglés, consiste en un cuarto con un potente equipo de refrigeración, para congelación rápida, el producto se dispone para que el aire frío penetre por cada una de las piezas individuales.

TUNEL CONTINUO DE CONGELACION: En caso de un túnel continuo el producto se dispone sobre una cinta transportadora que entra al túnel de congelado y avanza lentamente, dependiendo del túnel continuo concreto, a

veces solamente derecho, a veces cambiando la dirección una vez, a veces bajando por una espiral.

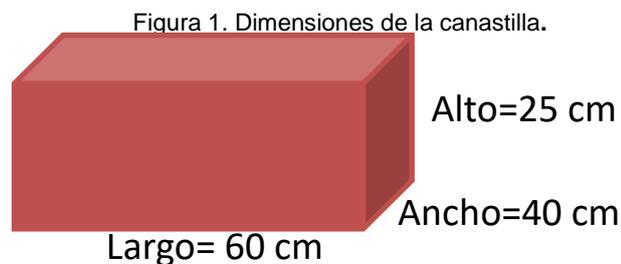
CALIDAD: Grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos.

CLIENTE: Organización o persona que recibe un producto.

PROCESO: Es un conjunto de actividades mutuamente relacionadas o que interactúan, las cuales transforman elementos de entrada en resultados.

PRODUCTO: Resultado de un proceso.

CANASTILLAS PLASTICAS: Las canastillas plásticas son embalajes reutilizables destinados a la distribución y almacenamiento de determinados productos procesados en la planta. Ver Figura.



DESCRIPCION DE ACTIVIDADES:

1. CARGUE DE PRODUCTOS EN LOS TUNELES ESTATICOS DE CONGELACION 1 Y 2.

Los túneles estáticos 1 y 2, son túneles completamente idénticos, cuentan con dos sistemas independientes de refrigeración con compresores de 30 hp, con lo cual cada uno inunda la mitad del evaporador.

Según la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**, se observa la cantidad de producto que se debe introducir al túnel y los tiempos estimados de finalización de la congelación, con temperatura estimada del producto en -18 grados centígrados.

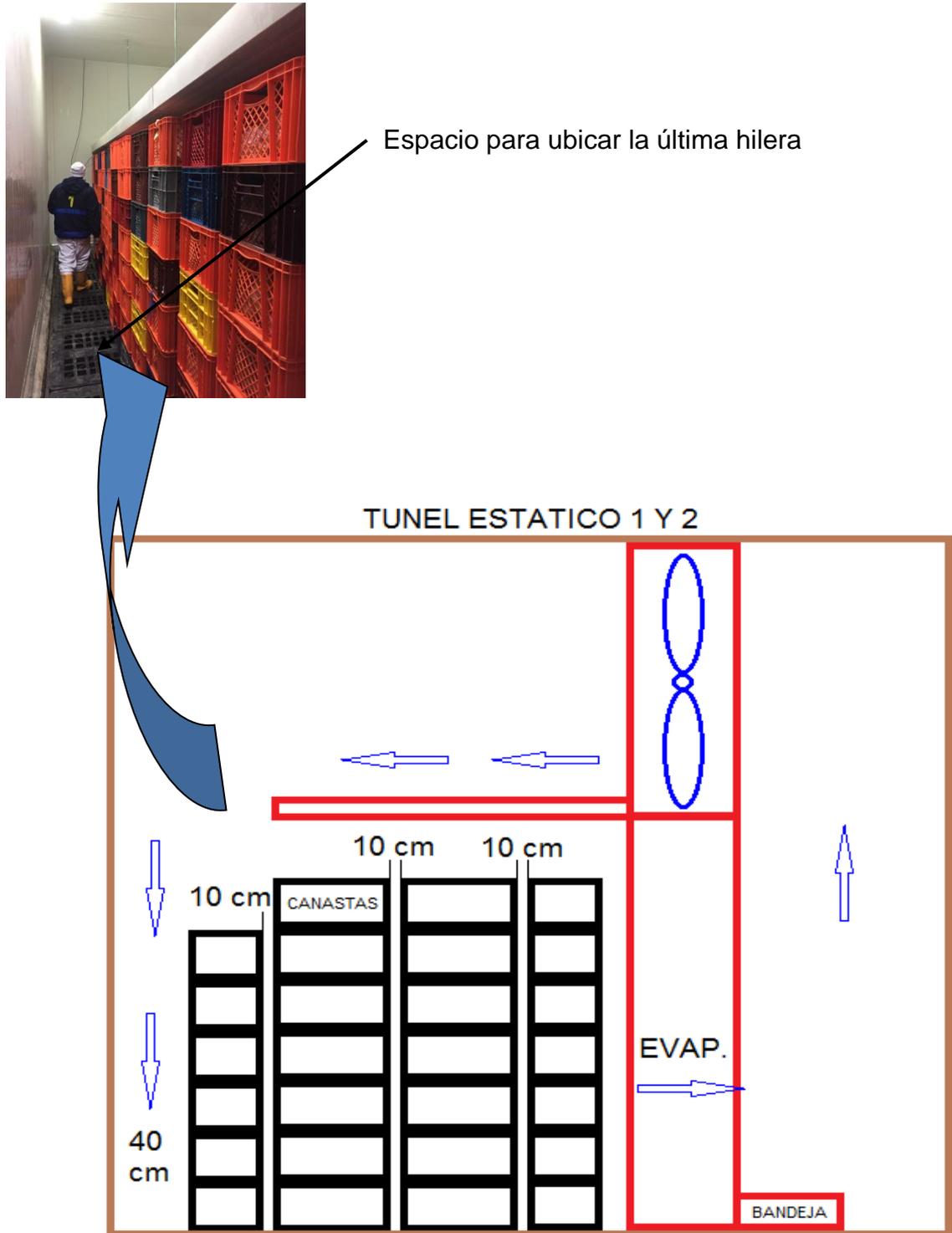
Tabla 1. Cantidad de cargue y tiempos de congelación túnel 1 y 2.

TUNEL ESTATICO	CANTIDAD SUGERIDA MAX [Kg]	TIEMPO ESTIMADO [HR]	
		IQF	FRESCO
	1	4500	15
2	4500	15	20

Para lograr los siguientes se debe realizar lo siguiente

- 1.1. Se cargarán con 4 hileras de producto, la hilera de producto más cerca al evaporador, se colocará a lo largo desde la entrada del túnel hasta el fondo del túnel, es decir los 60 cm de largo de la canastilla se ubicarán enfrente del evaporador y los 40 cm de ancho se observarán a la entrada del túnel. Ver Figura, La hilera debe contener 7 canastillas.

Figura 2. Distribución de canastillas en túneles 1 y 2.



- 1.2. Las siguientes dos hileras de canastilla se cargarán a lo ancho hacia el frente del evaporador, es decir los 40 cm en frente del evaporador y los 60 cm se observaran a la entrada del túnel. Ver figura 2. Ambas hileras deben contener 7 canastillas

- 1.3. La cuarta hilera se debe cargar de igual forma que la hilera más cerca al evaporador, pero con la particularidad solo se cargara a 6 canastillas cada una.
- 1.4. El espacio mínimo entre hileras debe ser mínimo de 10 cm aproximadamente.
- 1.5. Se debe salvaguardar un espacio mínimo de 40 cm para que el aire forzado por los ventiladores alcance a llegar a la parte más baja de los evaporadores, ver Figura.

2. CARGUE DE PRODUCTOS EN LOS TUNELES ESTATICOS DE CONGELACION 3 Y 4.

Los túneles estáticos 3 y 4, son túneles completamente idénticos, el sistema de refrigeración de estos cuentan con compresores de tornillo semiherméticos.

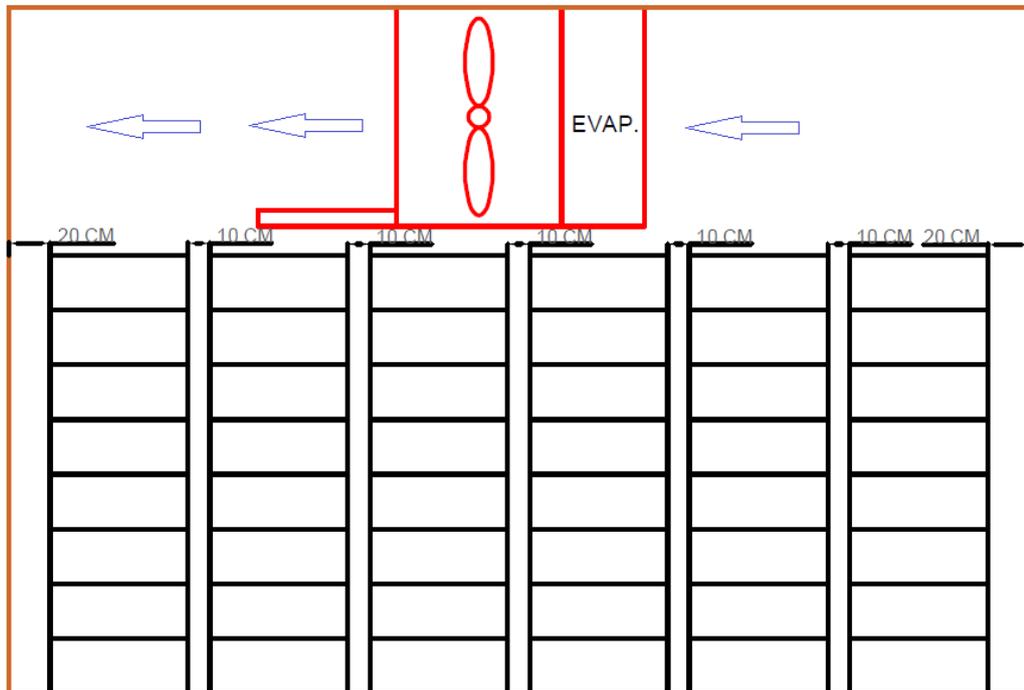
Según la Tabla 2., se observa la cantidad de producto que se debe introducir al túnel y los tiempos estimados de finalización de la congelación, con temperatura estimada del producto en -18 grados centígrados.

Tabla 2. Cantidad de cargue y tiempos de congelación túnel 3 y 4.

TUNEL ESTATICO	CANTIDAD SUGERIDA MAX [Kg]	TIEMPO ESTIMADO [HR]	
		IQF	FRESCO
	3	8500	14
4	8500	14	22

- 2.1. Los túneles se cargan con 6 hileras de 8 canastillas cada una, dejando un espacio de 10 cm entre ellas y salvaguardar un espacio de 20 cm entre canastilla y panel, ver Figura.

Figura 3. Túnel estático de congelación 3 y 4.



3. RECOMENDACIONES.

- Lavado mensual de los túneles estáticos 1 y 2.
- Realizar los cargues en baches completos de cada túnel, y no por cargas parciales ya que durante el tiempo de congelación del equipo las aperturas de puertas aumentan el bloqueo al evaporador y disminuyen la eficiencia del túnel.
- Permitir antes de cada cargue realizar check List, del túnel de congelación, para revisar de manera general los equipos internos (luces, resistencias de deshielo, sensores averiados, turbinas, puertas, medias cañas entre otros).

ELABORÓ	REVISÓ
Ing. Jeisson Mauricio Quintero Jefe de Refrigeración	Ing. Melvy Velasco Gerente de Producción.

ANEXO B. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACION DE EQUIPOS

**PROGRAMA DE CALIBRACION DE
EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE
MEDICION
Pg-CEQ-16**

AVICAMPO

Lebrija - 2016

CONTROL DE CAMBIOS

Versión	Fecha	Responsable	Descripción

APROBACION DE PROGRAMA

Elaboró	Revisó	Aprobó
Mcb. Yuvexza Navarro Causado Coordinadora de Calidad	Ing. Hugo Guerrero Director de Mantenimiento	Ing. Melvy Velasco Gerente de Producción

INTRODUCCIÓN

La calibración es el proceso de comparar los valores obtenidos por un instrumento de medición con la medida correspondiente de un patrón de referencia (o estándar). Según la Oficina Internacional de Pesas y Medidas, la calibración es una operación que, bajo condiciones específicas, establece en una primera etapa una relación entre los valores y las incertidumbres de medida provistas por estándares e indicaciones correspondientes con las incertidumbres de medida asociadas y, en un segundo paso, usa esta información para establecer una relación para obtener un resultado de la medida a partir de una indicación.

Este programa está diseñado a lograr el objetivo de contar con equipos e instrumentos calibrados en la planta, cuyo proceso le exige estar continuamente pendiente del peso de su producto que es de gran importancia. Una merma o un rendimiento en términos contables son dos puntos claves que se convierten fácilmente en una utilidad o pasar a ser una completa pérdida, en términos de calidad es de gran beneficio tener conocimiento en qué partes del proceso o durante qué prácticas el producto llega a perder o a ganar peso. Por estas razones trabajar con equipos e instrumentos calibrados es tan necesario ya que de un desempeño fuera de parámetros solo nos estaría arrojando datos erróneos, de forma similar ocurre con los termómetros. Contando con un proceso el cual la mitad necesita trabajar bajo altas temperaturas y la otra mitad depende del buen desempeño de toda una cadena de frío, es muy necesaria la supervisión continua del producto durante sus etapas de frío y congelación con termómetros calibrados para poder garantizar unas condiciones óptimas de consumo del producto al cliente final.

1. OBJETIVOS

1.1. OBJETIVO GENERAL

Garantizar la efectividad y confiabilidad de las mediciones de los diferentes equipos e instrumentos de medición empleados durante cada una de las etapas de proceso en la Planta de Beneficio AVICAMPO.

1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Dar a conocer los procedimientos para la verificación, ajuste y calibración de los equipos e instrumentos.
- Verificar el estado de los equipos de medición a utilizar y registrar su cumplimiento.
- Archivar los certificados de calibración para garantizar la seguridad de los equipos.
- Capacitar al personal encargado de la implementación del programa de calibración para que lleve a cabo sus funciones según las instrucciones técnicas establecidas.
- Listar los equipos de medición utilizados en las diferentes áreas de la Planta de Beneficio AVICAMPO
- Dar aplicabilidad al Artículo 5 del Decreto 60 del 2002, al presentar este documento como programa prerequisite y soporte del Plan HACCP.

2. ALCANCE

El Programa de Calibración está dirigido a los equipos e instrumentos que intervienen directa e indirectamente en la medición de las variables peso y temperatura en cada etapa del proceso de la Planta de Beneficio AVICAMPO.

3. TÉRMINOS Y DEFINICIONES

Ajuste: Operación de ubicar un instrumento de medición en un estado de funcionamiento adecuado para su uso.

Calibración: Operaciones en condiciones específicas que establecen la relación entre el valor de la magnitud de un instrumento y los valores determinados por los patrones. El resultado de una calibración se registra en un certificado de calibración otorgado por una empresa acreditada ante la ONAC (Organismo Nacional de Acreditación de Colombia).

Confirmación Metrológica: Conjunto de operaciones que se requieren para asegurar que un ítem del equipo de medición se encuentra en estado de cumplimiento de los requisitos relacionados con su utilización.

Corrección: Valor agregado algebraicamente al resultado no corregido de una medición para compensar un error sistemático.

Equipos de Medición: Todos los instrumentos de medición, patrones de medición y aparatos auxiliares que se necesiten para efectuar una medición.

Error de la Medición: Resultado de una medición menos un valor verdadero de la magnitud por medir.

Exactitud de la Medición: Cercanía del acuerdo entre los resultados de mediciones sucesivas y un valor verdadero de la magnitud por medir.

Fiabilidad: Es la probabilidad de que el instrumento permanezca en ciertos límites de error.

Incertidumbre de la Medición: Parámetro asociado con el resultado de una medición que caracteriza a la dispersión de los valores que en forma razonable se le podrían atribuir a la magnitud por medir.

Patrón de Medición: Medida materializada, instrumento de medición, material de referencia o sistema de medición destinado a definir, realizar, conservar o reproducir una unidad o más valores de una magnitud que sirva como referencia.

Resolución: Menor diferencia entre las indicaciones de un dispositivo indicador, que se puede distinguir en forma significativa.

Sensibilidad: Es el mínimo cambio al que el instrumento censa y puede expresar.

Unidad: Es la magnitud que se toma como base de comparación en el proceso de medición.

Unidad Patrón: Es un prototipo o modelo que se tomó de un cuerpo o un proceso natural y se usa como base de comprobación para medir

Verificación: Confirmación mediante evidencia objetiva (datos) que se cumplen con los requisitos especificados.

4. MARCO TEORICO

La documentación del control de los equipos de medición es una parte integral del Sistema de Gestión de la Calidad; las principales razones para la implementación del Programa de Calibración son las siguientes:

- Evitar repetitividad en la medición buscando un mayor incremento del tiempo efectivo de producción dado que la operación de medidas se realiza una sola vez.
- Reemplazo oportuno de un equipo de medición que presente fallas durante el proceso por otro debidamente calibrado que supla la deficiencia rápidamente.
- Mantener bajo los parámetros de aceptación los Puntos Críticos de Control operacionales, que garantizan la calidad e inocuidad del producto procesado.

El Programa de Calibración no solo incrementa los tiempos efectivos de producción mediante la predicción y la prevención, sino que además permite descubrir problemas de instrumentación antes de que causen una falla completa y facilita descubrir problemas potenciales con anterioridad en el proceso, evitando que se presente una situación crítica debido a que el instrumento de medición falle repentinamente parando la producción y/o llegando afectar la calidad e inocuidad del producto.

La calibración de los instrumentos se puede ver alterada por muchas causas, incluyendo entre ellas: inicialización inadecuada del equipo, falla en la configuración o instalación inapropiada, contaminación por corrientes de aire, fallas en la iluminación y movimientos indeseados en los mismos, que afectan notablemente la exactitud del proceso de medición, y la lectura del dato reportado.

5. DESARROLLO DEL PROGRAMA

5.1. SISTEMA DE CONFIRMACIÓN METROLÓGICA

El objetivo del sistema de confirmación es asegurar que el riesgo de que el equipo de medición produzca resultados que contengan errores inaceptables, permanece dentro del límite aceptable (verificar la calibración). Una comprobación muy útil de que el instrumento de medición continúa midiendo correctamente, se obtiene utilizando un patrón de comprobación de medición; esto demuestra si el valor o valores comprobados y en las condiciones de comprobación, el instrumento todavía está funcionando correctamente. Es indispensable calibrar y confirmar el mismo patrón de comprobación para que los resultados obtenidos al usarlo se puedan atribuir con confianza al instrumento y no a cambios en el patrón de comprobación.

5.1.1 Básculas

En la empresa se cuenta con Báscula Camionera, Básculas y Grameras para los diferentes procesos de pesaje, están ubicadas en los sitios respectivos y son manejadas por personal entrenado por el Jefe de Mantenimiento o Supervisor de área.

- **Verificación de Básculas**

Las básculas de la Planta de Beneficio AVICAMPO, se le realizan Mantenimientos Preventivos mensualmente en su sitio de trabajo con la entidad externa contratada: Básculas Industriales del Oriente S.A.S., que otorga un Certificado de Ajustes. Este Mantenimiento se realiza al estado de las celdas electrónicas, caja sumatoria y tablero indicador de cada báscula, además de eliminar la humedad que se encuentra en los componentes electrónicos de la báscula para evitar la corrosión y el rápido deterioro de esta.

La inspección interna de las básculas se realiza de manera semanal con una rotación por todas las áreas, (Ver Anexo Cód.: F-CEQ-02) ejecutándose el Proceso como se describe en el Instructivo de Verificación de Básculas (Ver Anexo Cód.: I-CEQ-01)

- **Masa Patrón**

La Planta de Beneficio AVICAMPO, cuenta con 10 masas patrón (20K) y un juego de pesas de (5Kg, 2Kg, 2Kg y 1Kg) las cuales son calibradas anualmente por un laboratorio acreditado (este periodo de confirmación se determinó con base en la asesoría del Laboratorio de Metrología que hizo la calibración) que otorga un Certificado de Calibración que incluye identificación del laboratorio que realizó la calibración, identificación del equipo, datos de la calibración (condiciones ambientales, procedimiento utilizado, patrón de referencia, entre otros.), resultados de la calibración, fecha de calibración, sello del laboratorio y firma de la persona responsable de la calibración y éste certificado debe

demostrar la trazabilidad hacia patrones de medición nacionales o internacionales. El certificado se archiva en un folder destinado para tal fin en el Departamento de mantenimiento cuyo responsable es el Jefe de Mantenimiento.

5.1.2 Termómetros de Punzón

De la misma forma que con las básculas, cada área de la Planta debe contar con uno o más termómetros de acuerdo a la necesidad y a la etapa del proceso que se quiera verificar. Cada supervisor de la planta de beneficio cuenta con termómetros identificados y verificados. El supervisor debe estar continuamente verificando aleatoriamente la temperatura a la cual se encuentra el producto mientras pasa por su sección.

- **Verificación de Termómetros**

La verificación de los termómetros debe realizarse semanal con el termómetro patrón, el cual debe estar certificado; estas verificaciones quedan registradas semanalmente en el Formato Verificación de Termómetro (Ver Anexo Cód.: E-CEQ-03).

Del cuidado y buen mantenimiento de los termómetros depende su buen funcionamiento por un periodo de 1 año aproximadamente. Para la realización de su verificación se ejecuta como se describe en el Instructivo de Verificación de Termómetros (Ver Anexo Cód.: I-CEQ-02).

- **Termómetro Patrón**

En la Planta de Beneficio AVICAMPO, existe un termómetro patrón el cual es calibrado anualmente, por un ente acreditado ante la ONAC (Organismo Nacional de Acreditación de Colombia) que otorga un Certificado de Calibración. El certificado se archiva en un folder destinado para tal fin en el Departamento de Calidad y una copia en el Departamento de Mantenimiento. El Termómetro patrón de Hannah Instruments Modelo HI 9063 que se almacena en el Departamento de Mantenimiento, en su caja libre de polvo, libre de humedad, temperatura estable y el acceso es restringido.

5.1.3 Equipos de Laboratorio

En la Planta existen los siguientes equipos que se calibran cada vez que se requiera, están incluidos en este Programa, pero están a cargo del Jefe del Departamento de Ambiental y del Jefe del Departamento de Calidad quienes

realizan su debida calibración según los Instructivos de cada casa comercial (Ver Anexo Cód.: I-CEQ-03; I-CEQ-04; I-CEQ-05) y registrándolos en su Formato de Calibración de Equipos (Ver Anexo Cód.: F-CEQ-04).

- pHmetro: Equipo establecido en el Departamento de Ambiental
- Turbidímetro: Equipo establecido en el Departamento de Ambiental
- Fotómetro: Equipo establecido en el Departamento de Calidad

5.2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS

Cada equipo está contenido en una AZ y en ella dispone de la Hoja de Vida (Ver Anexo Cód.: F-CEQ-05) que contiene las especificaciones técnicas (potencia, velocidad nominal, alimentación, distribución eléctrica), además cada equipo está provisto con una Codificación (Ver Anexo Cód.: F-CEQ-01).

Se encuentran identificados alfanuméricamente. El primer dígito relaciona el tipo de Equipo, los dos siguientes (segundo y tercero) determinan la ubicación (sección a la que pertenece equipo), y los dos últimos (cuarto y quinto), corresponde al número consecutivo de acuerdo la cantidad de equipos en existencia, en caso de que existan más de diez equipos iguales se agregará otro carácter al código del equipo.

Los códigos de cada sección son los siguientes:

Código	Sección
01	Patio Maniobras
02	Colgado
03	Línea
04	Evisceración
05	Empaque
06	Desprese
07	Filete
08	Adobo
09	Procesado
10	Despachos
11	Calidad
12	Gerencia

Ejemplo:

Báscula Camionera (B-0101)

1	2	3	4	5
B	0	1	0	1

B: Báscula Camionera (Siglas – iniciales).
01: Patio de Maniobras (Sección)
01: Cantidad de Básculas en existencia (Consecutivo).

Cabe resaltar que las áreas anteriormente mencionadas son codificadas para el manejo interno del Departamento de Mantenimiento – Calibración de Equipos e Instrumentos de Medición.

6. ACCIONES CORRECTIVAS

Cuando se detecta una no conformidad del Programa de Calibración, o de cualquiera de las áreas correspondientes, se diligencia el Formato de Análisis de Causas y Acciones Correctivas (Ver Anexo Cód.: F-OD-01) y se le hace su seguimiento respectivo.

A continuación, se presentan posibles no conformidades y las medidas a seguir.

POSIBLES FALLAS	MEDIDAS CORRECTIVAS
Cuando la Vigencia de Calibración de algún equipo de medición expire.	Se contacta con la empresa externa acreditada para realizar su respectiva calibración.
Si durante la verificación de las básculas de piso se visualiza un rango de error de 0.3Kg ya sea por encima o por debajo del peso patrón.	Se ubican las masas secundarias en diferentes puntos de la báscula y se toman las lecturas. Si son diferentes, se solicita el servicio de calibración.
Cuando alguna báscula se encuentra en espera al proceso de calibración y no registra el peso correcto.	La báscula se saca de servicio para evitar su uso mientras espera por su calibración.

ANEXO C. Anexo Formato de verificación de termómetros

	PROGRAMA DE CALIBRACION DE EQUIPOS E INSTRUMENTO DE MEDICION											Código: F-CEQ-03	
												Versión: 01	
	FORMATO DE VERIFICACION DE TERMOMETROS											Fecha de Emisión: Junio 2016	
CODIGO:													
FECHA	TERMOMETRO PATRON	TERMOMETRO PUNZON	FACTOR CORRECCION	TERMOMETRO PATRON	TERMOMETRO PUNZON	FACTOR CORRECCION	TERMOMETRO PATRON	TERMOMETRO PUNZON	FACTOR CORRECCION	TERMOMETRO PATRON	TERMOMETRO PUNZON	FACTOR CORRECCION	RESPONSABLE
CODIGO:													
FECHA	TERMOMETRO PATRON	TERMOMETRO PUNZON	FACTOR CORRECCION	TERMOMETRO PATRON	TERMOMETRO PUNZON	FACTOR CORRECCION	TERMOMETRO PATRON	TERMOMETRO PUNZON	FACTOR CORRECCION	TERMOMETRO PATRON	TERMOMETRO PUNZON	FACTOR CORRECCION	RESPONSABLE
CODIGO:													
FECHA	TERMOMETRO PATRON	TERMOMETRO PUNZON	FACTOR CORRECCION	TERMOMETRO PATRON	TERMOMETRO PUNZON	FACTOR CORRECCION	TERMOMETRO PATRON	TERMOMETRO PUNZON	FACTOR CORRECCION	TERMOMETRO PATRON	TERMOMETRO PUNZON	FACTOR CORRECCION	RESPONSABLE
CODIGO:													
FECHA	TERMOMETRO PATRON	TERMOMETRO PUNZON	FACTOR CORRECCION	TERMOMETRO PATRON	TERMOMETRO PUNZON	FACTOR CORRECCION	TERMOMETRO PATRON	TERMOMETRO PUNZON	FACTOR CORRECCION	TERMOMETRO PATRON	TERMOMETRO PUNZON	FACTOR CORRECCION	RESPONSABLE
CODIGO:													
FECHA	TERMOMETRO PATRON	TERMOMETRO PUNZON	FACTOR CORRECCION	TERMOMETRO PATRON	TERMOMETRO PUNZON	FACTOR CORRECCION	TERMOMETRO PATRON	TERMOMETRO PUNZON	FACTOR CORRECCION	TERMOMETRO PATRON	TERMOMETRO PUNZON	FACTOR CORRECCION	RESPONSABLE
VERIFICADO POR:													