

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA:

**ANÁLISIS DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN DE
TERMOHIGRÓMETROS Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD
DE LA EMPRESA TECNIPRECISIÓN CÍA. LTDA.**

Proyecto de grado previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

AUTOR:

Avilés Caiza Gonzalo Fernando

TUTOR:

Ing. Fabián Sarmiento Ortiz

QUITO – ECUADOR

2016

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Director del proyecto: **“ANÁLISIS DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN DE TERMOHIGRÓMETROS Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA TECNIPRECISIÓN CIA. LTDA.”** presentada por el estudiante Avilés Caiza Gonzalo Fernando, para optar por el título de Ingeniero Industrial, CERTIFICO que dicho proyecto de tesis ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del tribunal examinador que se designe.

Quito, diciembre 2016

El TUTOR

Ing. Fabián Sarmiento Ortiz

C.I.: 010439391-3

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD

El abajo firmante, declara que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente proyecto de tesis, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales, de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor.

Quito, diciembre 2016

EL AUTOR

Avilés Caiza Gonzalo Fernando

C.I: 1720989027

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Gonzalo Fernando Avilés Caiza, declaro ser autor del Proyecto de Tesis, “Análisis del proceso de calibración de termohigrómetros y su incidencia en la productividad de la empresa Tecniprecisión Cía. Ltda.”, como requisito para optar al grado de “Ingeniero Industrial”, autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 20 días del mes de diciembre de 2016, firmo conforme:

Autor: Fernando Avilés

Firma

Número de Cédula: 1720989027

Dirección: Cdla. Ibarra Conjunto Turín Mz. N casa # 2

Correo Electrónico: fercho.nandorbk@hotmail.com

Teléfono: 3034008

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE GRADO

Proyecto de aprobación de acuerdo con el Reglamento de Títulos y Grados de la Facultad de Ingeniería Industrial de la Universidad Tecnológica Indoamérica.

Quito,.....

Para constancia firman:

TRIBUNAL DE GRADO

F.....

PRESIDENTE

F.....

VOCAL

F.....

VOCAL

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis seres queridos, quienes han apoyado mi desarrollo profesional durante la carrera universitaria.

A la vez dedico este trabajo a todos aquellos educadores que a lo largo de estos años han sabido compartir sus conocimientos para formar de nosotros personas y profesionales capaces de enfrentar un presente y futuro competitivo.

Fernando Avilés

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios quien me dio las fuerzas necesarias para culminar mi estudio universitario.

Agradezco a mi madre por el apoyo moral y económico que me ha brindado durante estos años de preparación.

Por último agradezco a esta noble Institución, que me abrió las puertas para culminar mi preparación académica y humana.

Fernando Avilés

ÍNDICE GENERAL

PRELIMINARES	Pág.
Portada.....	i
Aprobación del Tutor.....	ii
Declaración de Autenticidad.....	iii
Autorización por parte del autor para la consulta, reproducción parcial o total, y publicación electrónica del trabajo de titulación.....	iv
Aprobación del Tribunal de Grado.....	v
Dedicatoria.....	vi
Agradecimiento.....	vii
Índice General.....	viii
Índice de Figuras.....	xi
Índice de Tablas.....	xiii
Índice Abreviaturas.....	xv
Resumen Ejecutivo.....	xvi
Executive Sumamary.....	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA.....	3
Tema.....	3
Línea de Investigación.....	3
Planteamiento del Problema.....	4
Contextualización.....	5
Árbol de Problemas.....	11
Análisis Crítico.....	12
Prognosis.....	13
Formulación del Problema.....	14
Delimitación de la Investigación.....	14
Justificación.....	15
Objetivos.....	16

Objetivo General.....	16
Objetivos Específicos.....	16
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	17
Antecedentes Investigativos.....	17
Fundamentaciones.....	19
Técnica.....	19
Legal.....	19
Organizador Lógico de Variables.....	20
Desarrollo del Marco Teórico.....	23
Hipótesis.....	57
Señalamiento de Variables.....	57
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.....	58
Enfoque de la Modalidad... ..	58
Modalidad de la Investigación.....	59
Niveles o tipos de Investigación.....	59
Población y Muestra.....	60
Operacionalización de las Variables.....	62
Variable Independiente.....	62
Variable Dependiente.....	63
Recolección de la Información.....	64
Procesamiento de la Información.....	64
CAPÍTULO IV: ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	65
Análisis de Resultados.....	65
Tratamiento de Datos.....	68
Interpretación de Datos.....	76
Verificación de Hipótesis.....	77
Conclusiones y Recomendaciones.....	80

CAPÍTULO V: LA PROPUESTA	82
Tema.....	82
Datos informativos.....	82
Objetivo de la propuesta.....	82
Objetivo General.....	82
Objetivos Específicos.....	82
Justificación.....	83
Factibilidad.....	83
Metodología.....	89
Análisis de alternativas.....	97
Tipos de vitrinas refrigeradas.....	97
Matriz de alternativas.....	101
Tipos de humidificadores.....	102
Tipos de calefactores.....	106
Tipos de deshumidificadores.....	109
Tipos de sensores.....	112
(PLC) Control lógico Programable.....	115
Modelo Operativo de Ejecución de la Propuesta.....	129
Diseño de la cámara.....	136
Análisis de productividad.....	150
Evaluación de Impacto.....	157
Conclusiones y Recomendaciones.....	166
BIBLIOGRAFÍA.....	168
ANEXOS Y PLANOS.....	170

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura N° 1: Infraestructura del Sistema Nacional de la Calidad.....	7
Figura N° 2: Árbol de problemas.....	11
Figura N° 3: Organizador lógico de variables.....	20
Figura N° 4: Constelación de ideas de la variable independiente.....	21
Figura N° 5: Constelación de ideas de la variable dependiente.....	22
Figura N° 6: Trazabilidad Metrológica.....	26
Figura N° 7: Instrumento de medición digital.....	29
Figura N° 8: Instrumento de medición analógico.....	30
Figura N° 9: Escala de temperatura Celsius y Fahrenheit.....	32
Figura N° 10: Termopar tipo k.....	33
Figura N° 11: Sensor de resistencia de platino.....	34
Figura N° 12: Bloque seco de temperatura.....	34
Figura N° 13: Higrómetro analógico.....	36
Figura N° 14: Termohigrómetro digital.....	36
Figura N° 15: Estándar de humedad.....	37
Figura N° 16: Humidificador.....	38
Figura N° 17: Deshumidificador.....	39
Figura N° 18: Calibración en temperatura.....	42
Figura N° 19: Calibración en humedad utilizando sales saturadas.....	43
Figura N° 20: Incremento en la productividad.....	50
Figura N° 21: Ciclo de productividad.....	52
Figura N° 22: Elementos de los procesos productivos.....	56
Figura N° 23: Diagrama del proceso actual de calibración.....	66
Figura N° 24: Calibraciones agosto 2015.....	69
Figura N° 25: Calibraciones septiembre 2015.....	71
Figura N° 26: Calibraciones octubre 2015.....	73
Figura N° 27: Calibraciones noviembre 2015.....	75
Figura N° 28: Tiempo de calibración de termohigrómetros.....	77
Figura N° 29: Desarrollo de Actividades.....	92
Figura N° 30: Determinación de la Ruta Crítica.....	93

Figura N° 31: Cámara climatizada.....	94
Figura N° 32: Funcionamiento cámara climatizada.....	96
Figura N° 33: Vitrina refrigerada vertical.....	97
Figura N° 34: Vitrina refrigerada horizontal.....	99
Figura N° 35: Proceso de refrigeración.....	100
Figura N° 36: Humidificador de evaporación.....	103
Figura N° 37: Humidificador ultrasónico.....	104
Figura N° 38: Calefactor infrarrojo.....	106
Figura N° 39: Calefactor termoventilado.....	107
Figura N° 40: Deshumidificador por enfriamiento (compresor).....	109
Figura N° 41: Deshumidificador tecnología Peltier.....	110
Figura N° 42: Transmisores tipo sonda de temperatura y humedad relativa	112
Figura N° 43: Transmisor con display digital de temperatura y humedad R	113
Figura N° 44: PLC Schneider Zelio Logic.....	115
Figura N° 45: PLC S7 200/CPU-224.....	116
Figura N° 46: Estructura PLC S7-200/CPU 224.....	119
Figura N° 47: Comunicación mediante cable de serial/USB de PLC a PC...	121
Figura N° 48: Diagrama de contactos.....	122
Figura N° 49: Diagrama por lista de instrucciones.....	122
Figura N° 50: Diagrama de bloques lógicos.....	122
Figura N° 51: Configuración de interruptores DIP.....	123
Figura N° 52: Diagrama de conexión módulo analógico EM 235.....	124
Figura N° 53: Control de temperatura.....	125
Figura N° 54: Control de humedad relativa.....	126
Figura N° 55: Diagrama del proceso de calibración en temperatura.....	127
Figura N° 56: Diagrama del proceso de calibración en humedad relativa.....	128
Figura N° 57: Diagrama de programación.....	132
Figura N° 58: Programación en lenguaje KOP.....	135
Figura N° 59: Proceso de calibración actual en temperatura.....	150
Figura N° 60: Proceso de calibración actual en humedad relativa.....	150
Figura N° 61: Diagrama del nuevo proceso de calibración.....	153
Figura N° 62: Cámara de temperatura y humedad relativa.....	155

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla N° 1: Magnitudes y unidades básicas del Sistema Internacional.....	27
Tabla N° 2: Factores 7 “M”.....	51
Tabla N° 3: Resumen de calibraciones realizados a termohigrómetros.....	60
Tabla N° 4: Operacionalización de variables, independiente.....	62
Tabla N° 5: Operacionalización de variables, dependiente.....	63
Tabla N° 6: Tiempo actual del proceso de calibración de termohigrómetros.	67
Tabla N° 7: Termohigrómetros calibrados agosto 2015.....	68
Tabla N° 8: Tiempo del proceso de calibración de termohigrómetros agosto 2015.....	69
Tabla N° 9: Termohigrómetros calibrados septiembre 2015.....	70
Tabla N° 10: Tiempo del proceso de calibración de termohigrómetros septiembre 2015.....	71
Tabla N° 11: Termohigrómetros calibrados octubre 2015.....	72
Tabla N° 12: Tiempo del proceso de calibración de termohigrómetros octubre 2015.....	73
Tabla N° 13: Termohigrómetros calibrados noviembre 2015.....	74
Tabla N° 14: Tiempo del proceso de calibración de termohigrómetros noviembre 2015.....	75
Tabla N° 15: Dispersión de la productividad.....	76
Tabla N° 16: Cálculo de sumatorios.....	78
Tabla N° 17: Definición de Actividades.....	89
Tabla N° 18: Determinación del tiempo esperado.....	90
Tabla N° 19: Estipulación de tiempos.....	91
Tabla N° 20: Calificación de alternativas con respecto al sistema de refrigeración.....	102
Tabla N° 21: Calificación de alternativas con respecto al sistema de humidificación.....	105
Tabla N° 22: Calificación de alternativas con respecto al sistema de calefacción.....	108

Tabla N° 23: Calificación de alternativas con respecto al sistema deshumidificación.....	111
Tabla N° 24: Calificación de alternativas con respecto al trasmisor de temperatura y humedad relativa.....	114
Tabla N° 25: Calificación de alternativas con respecto al PLC.....	117
Tabla N° 26: Potencia del refrigerador.....	147
Tabla N° 27: Potencia del calefactor.....	147
Tabla N° 28: Potencia del Humidificador.....	147
Tabla N° 29: Potencia del deshumidificador.....	147
Tabla N° 30: Potencia del ventilador.....	148
Tabla N° 31: Tiempo del nuevo proceso de calibración de termohigrómetros	154
Tabla N° 32: Inversión inicial.....	161
Tabla N° 33: Ingresos.....	162
Tabla N° 34: Costos.....	162
Tabla N° 35: Gastos.....	163
Tabla N° 36: Flujo de Efectivo de Caja.....	164

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

OIML:	Organización Internacional de Metrología Legal
El BIPM:	Bureau International des Poids et Mesures (Oficina Internacional de Pesos y Medidas)
ILAC:	Cooperación Internacional de Acreditación de Laboratorios
CENAM:	Centro Nacional de Metrología
SIM:	Sistema Interamericano de Metrología
INEN:	Instituto Ecuatoriano de Normalización
SAE:	Servicio de Acreditación Ecuatoriano
CMEE:	Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano
VIM:	Vocabulario Internacional de Metrología
CEM:	Centro Español de Metrología
HR:	Humedad Relativa.
RTD:	Detector de temperatura resistivo
IBC:	Instrumento Bajo Calibración
NTE:	Norma Técnica Ecuatoriana
ISO:	Organización Internacional para la Estandarización
IEC:	Comisión Electrotécnica Internacional
ASHRAE:	Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA
FACULTAD DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

TEMA: “ANÁLISIS DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN DE TERMOHIGRÓMETROS Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA TECNIPRECISIÓN CIA. LTDA.”

Autor: Avilés Caiza Gonzalo Fernando

Tutor: Ing. Fabián Sarmiento Ortiz

RESUMEN EJECUTIVO

La presente investigación de tesis se enfoca al análisis del proceso de calibración de termohigrómetros y su incidencia en la productividad, puesto que su aplicación es de gran importancia en equipos de medición, el desarrollo de la metodología se enfoca en un análisis cualitativo y cuantitativo que ha permitido determinar la situación actual del laboratorio de temperatura, estipulando posibles soluciones y concluyendo que los equipos utilizados en el proceso de calibración de termohigrómetros afectan directamente a la productividad de la empresa. En esta investigación se ha elaborado una propuesta para realizar el diseño de una cámara que genere variación de temperatura y humedad controlada para calibración de termohigrómetros. La cámara estará conformada por equipos de alta precisión y será controlada mediante un PLC logrando un funcionamiento eficiente y automático, así mismo con el proyecto se pretende realizar un análisis económico para que la empresa evalúe la viabilidad y factibilidad de la implementación de la cámara de temperatura y humedad controlada.

Descriptores: Automatización, cámara generadora de cambios de temperatura y humedad controlada, metrología, instrumentos de medición, normas, procedimiento de calibración, productividad.

UNIVERSITY TECHNOLOGY INDOAMÉRICA
SCHOOL OF INDUSTRIAL ENGINEERING
EXECUTIVE SUMMARY

THEME: “ANALYSIS THERMOHYGROMETERS CALIBRATION
PROCESS AND ITS IMPACT ON BUSINESS PRODUCTIVITY
TECNIPRECISIÓN CIA. LTDA.”

Author: Avilés Caiza Gonzalo Fernando

Tutor: Ing. Fabián Sarmiento Ortiz

EXECUTIVE SUMMARY

This thesis research focuses on the analysis of the calibration process of thermohygrometers and their impact on productivity, since its application is of great importance in measurement equipment, the development of the methodology focuses on a qualitative and quantitative analysis that has Allowed to determine the current situation of the temperature laboratory, stipulating possible solutions and concluding that the equipment used in the calibration process of thermohygrometers directly affect the productivity of the company. In this research, a proposal has been made to design a chamber that generates controlled temperature and humidity variation for thermohygrometer calibration. The chamber will consist of high precision equipment and will be controlled by a PLC achieving an efficient and automatic operation, as well as the project intends to carry out an economic analysis so that the company evaluated the feasibility and feasibility of the implementation of the temperature chamber and controlled humidity.

Descriptors: Automation, temperature and humidity controlled chamber, metrology, measuring instruments, standards, calibration procedure, productivity.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto de tesis se origina con el Análisis del proceso de calibración de termohigrómetros y su incidencia en la productividad de la empresa Tecniprecisión Cía. Ltda. En la actualidad varias empresas manejan sistemas de gestión de la calidad, norma que contempla varios requisitos para un buen funcionamiento del sistema y entre uno de estos requisitos está el control de equipos de inspección, medición y prueba.

Es por ello que para cumplir con estos requisitos de norma las empresas han recurrido a la calibración y certificación de sus instrumentos de medición en diferentes magnitudes, por lo que en el último semestre el laboratorio de temperatura de la empresa Tecniprecisión ha recibido oficios solicitando la calibración y certificación de medidores de condiciones ambientales (termohigrómetros).

El laboratorio de temperatura con la finalidad de prestar este servicio decidió realizar la calibración de termohigrómetros sin realizar el estudio técnico necesario, por lo que el proceso de calibración no se realiza adecuadamente dando como resultado errores en las mediciones de los termohigrómetros.

Con el resultado de la investigación se logrará conocer la situación actual del laboratorio de temperatura y proponer soluciones para mejorar el proceso de calibración de termohigrómetros, la efectividad en el proceso de calibración garantiza la productividad y competitividad de un laboratorio de metrología.

La estructura por capítulos está determinada de la siguiente manera:

EL CAPÍTULO I: está constituido por el problema, tema, línea de investigación, planteamiento del problema, contextualización (macro, meso y micro), árbol de problemas, análisis crítico, prognosis, delimitación del objeto de investigación (campo, área, aspecto, espacial y temporal), justificación (técnica, económica), objetivos, general y específicos.

EL CAPÍTULO II: está constituido por el marco teórico, bibliografía de trabajos de investigación, antecedentes investigativos, fundamentación técnica tecnológica y las que fueran necesarias, fundamentación legal, hipótesis, señalamiento de variables.

EL CAPÍTULO III: está constituido por metodología que describe el enfoque de la modalidad (cuantitativa-cualitativa), las modalidades básicas de la investigación, nivel y tipos de investigación, operacionalización de variables, recolección de la información (métodos, técnicas), procesamiento y análisis de la información.

EL CAPÍTULO IV: está constituido por el análisis e interpretación de resultados, análisis de tablas y gráficos estadísticos, verificación de hipótesis, objetivos, conclusiones y recomendaciones.

EL CAPÍTULO V: está constituido por el título de la propuesta a realizarse, datos informativos de la empresa, los objetivos de la propuesta general y específicos, justificación, factibilidad, metodología, modelo operativo de ejecución de la propuesta, evaluación de impacto (económico, financiero, tecnológico y ambiental), bibliografía y anexos.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

Tema

“ANÁLISIS DEL PROCESO DE CALIBRACIÓN DE TERMOHIGRÓMETROS Y SU INCIDENCIA EN LA PRODUCTIVIDAD DE LA EMPRESA TECNIPRECISIÓN CÍA. LTDA.”

Línea de investigación

Según las políticas y líneas de investigación vigentes de la Universidad Tecnológica Indoamérica la línea de Empresarialidad y Productividad cita lo siguiente, UTI (2011).

Empresarialidad y Productividad, esta línea de investigación se orienta por un lado al estudio de la capacidad de emprendimiento o empresariedad de la región, así como su entorno jurídico-empresarial: es decir, de repotenciación y/o creación de nuevos negocios o industrias que ingresan al mercado con un componente de innovación. Por otro lado, el estudio de las empresas existentes en un mercado, en una región, se enmarcaba en la productividad de este tipo de empresas, los factores que condicionan su productividad, la gestión de la calidad de las mismas, y que hacen que estas empresas crezcan y sobrevivan en los mercados. En este ámbito es de interés estudiar aspectos como exportaciones, diversificación de la producción y afines (Pág. 2).

El presente trabajo hace referencia a ésta línea de investigación puesto que se pretende mejorar el proceso de calibración de termohigrómetros e incrementar la productividad del laboratorio de temperatura de la empresa Tecniprecisión Cía. Ltda., la cual brinda el servicio de calibración y certificación de instrumentos de medición.

Planteamiento del problema

El presente proyecto de tesis trata sobre el análisis del proceso de calibración de termohigrómetros en el laboratorio de temperatura de la empresa Tecniprecisión, equipos que son utilizados para monitorear condiciones ambientales en procesos productivos.

Desde el último semestre del año 2015 se ha generado una gran demanda en la calibración de termohigrómetros instrumento que mide temperatura y humedad relativa, el laboratorio de temperatura actualmente cuenta con poco equipamiento para realizar la calibración de termohigrómetros por tanto dichas calibraciones en algunas veces resultaban ser deficientes; con el fin de prestar el servicio y mantener la confianza de los clientes se tercerizo el servicio con otro laboratorio de metrología que cuenta con el equipamiento necesario para realizar dicha actividad.

Al tercerizar el servicio, éste adquiere un costo elevado por tanto la empresa no genera una utilidad en la prestación del mismo y los clientes prefieren enviar sus equipos directamente a dicho proveedor, convirtiéndose en competencia directa para Tecniprecisión, puesto que poseen un laboratorio de temperatura donde se realizan calibraciones de termohigrómetros, termómetros digitales, bimetálicos, caracterización de medios isotérmicos, etc.

Es por ello que los equipos e instrumentos de algunas empresas que Tecniprecisión calibraba en el área de temperatura ha ido disminuyendo, lo cual ha ocasionado un perjuicio colateral, la mayoría de las empresas prefieren enviar sus equipos a un centro metrológico que cubra la mayor parte de sus magnitudes y no enviar por separado, por lo que el Director del laboratorio retoma la calibración de estos instrumentos incurriendo en lo anteriormente mencionado, con lo cual en algunas veces la calibración de un termohigrómetro se realiza hasta dos veces con el fin de obtener resultados favorables y no reportar al instrumento como fuera de tolerancia, lo que afecta la planificación en el tiempo de entrega hacia el cliente esto denota la gran importancia del análisis de éste problema.

Contextualización

Macro

Según el Centro Nacional de Metrología CENAM dice que:

En la actualidad Latinoamérica cuenta con pocos laboratorios de metrología equipados con tecnología de punta, lo que ha dificultado en algunos países el comercio Nacional e Internacional de sus productos debido a que no cumplen con altos estándares de calidad. Es así que las industrias al no contar con laboratorios que certifiquen y calibren sus equipos e instrumentos de medición en varias magnitudes ha ocasionado que sus productos resulten en algunas veces defectuosos y poco acogidos por el consumidor puesto que sus procesos no son controlados adecuadamente ocasionando grandes pérdidas para las mismas, (<http://www.cenam.mx/quienes.aspx>).

Las mediciones tienen una gran importancia tanto para las industrias como para el consumidor, puesto que ayudan a realizar transacciones a nivel mundial, ayudan a diseñar y elaborar un producto o servicio, de tal forma que satisfagan las exigentes necesidades del cliente.

El Centro Nacional de Metrología CENAM de origen mexicano ha incorporado tecnología de punta en sus laboratorios, con lo cual ha permitido mejorar sus capacidades de medición en varias magnitudes, a su disposición tiene patrones primarios de alta precisión para calibración de patrones secundarios y de trabajo lo que le ha permitido desarrollarse a nivel industrial con respecto a otros países de Latinoamérica.

El BIPM (Bureau International des Poids et Mesures) conocido en español como Oficina Internacional de Pesos y Medidas, con sede en París es el ente que tiene como tarea principal asegurar en todo el mundo la uniformidad de las mediciones y su trazabilidad al Sistema Internacional de Unidades (SI).

Esto lo hace con la autoridad de la Convención del Metro, un tratado diplomático entre cincuenta y seis países, y opera a través de una serie de comités consultivos, cuyos miembros son los Laboratorios Nacionales de Metrología asignados por los respectivos Estados.

OIML (Organización Internacional de Metrología Legal) tiene como objetivo principalmente verificar los controles metrológicos que prestan los Centros de Metrología Nacionales o Internacionales para mantener una cadena ininterrumpida de mediciones correctas.

ILAC (Cooperación Internacional de Acreditación de Laboratorios) es la autoridad Internacional en acreditación de laboratorios de calibración y organismos de inspección, con una membresía que consiste en organismos de acreditación y organizaciones de partes interesadas alrededor del mundo.

SIM (Sistema Interamericano de Metrología) está conformado por organismos de metrología que promueven la cooperación Internacional, Interamericana y Regional para la elaboración y cumplimiento de un sistema unificado y estandarizado de mediciones con el fin de obtener productos y servicios de la más alta calidad.

Cabe mencionar que la metrología es una ciencia que ha creado productos, servicios y tecnología que han mejorado la calidad de vida del ser humano, es por ello que los países desarrollados cuentan con Institutos de Metrología equipados con la más alta tecnología para mejorar constantemente el sector industrial y obtener productos y servicios de la más alta calidad.

Meso

En la actualidad la metrología en el Ecuador no tiene gran apogeo puesto que su infraestructura tecnológica es antigua, y no cuenta con personal altamente especializado en el tema lo cual ha generado un retraso tecnológico al país.

Los laboratorios Nacionales de Metrología son:

Según el Instituto Ecuatoriano de Normalización dice que:

El INEN es la Organización responsable de la metrología, normalización y estandarización de productos en el Ecuador, adquiriendo la responsabilidad de implementar y mantener un eficiente Sistema de Calidad con el fin de obtener servicios o productos de alta calidad. (www.normalizacion.gob.ec)

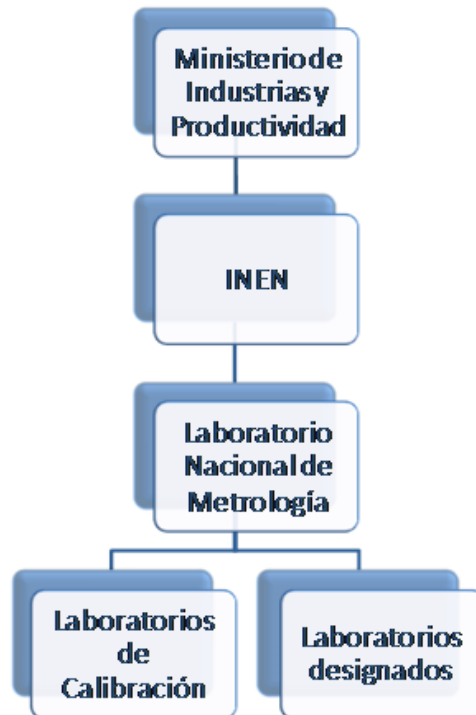


Figura N° 1: Infraestructura del Sistema Nacional de la Calidad

Fuente: Información metrología, INEN (2016)

Elaborado por: Investigador

Según menciona el Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano:

El (CMEE) llega a plantearse como proyecto en el año de 1992 con la colaboración del INEN a través de un convenio de cooperación con la Comandancia General del Ejército del Ecuador este convenio permitió la capacitación y adquisición de patrones primarios y de trabajo en el NIST (Instituto Nacional de Estándares y Tecnología). El Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano desde su creación en el año 1995 como Laboratorio Nacional de Metrología viene realizando la calibración y caracterización de equipos y patrones de medición en las magnitudes de alta y baja frecuencia, temperatura, tiempo y presión; así como también brindando asesoramiento metrológico a unidades militares de las Fuerzas Armadas bajo la norma NTE INEN ISO/IEC 17025, (<http://cmee.mil.ec/metrologia/>).

La desventaja que presentan los laboratorios Nacionales es su baja infraestructura tecnológica como lo es el alcance de medición en sus distintas magnitudes y el tiempo que se toman en realizar la calibración de un determinado equipo o instrumento de medición.

Según el Servicio de Acreditación Ecuatoriano dice que:

(SAE) es una institución referente de la calidad y de la acreditación de evaluación de la conformidad a nivel Nacional e Internacional, que con procesos innovadores contribuye al fortalecimiento de la matriz productiva del país, (<http://www.acreditacion.gob.ec/oficinas/>).

Para una mejor apreciación es importante dar a conocer los laboratorios de metrología que actualmente cuentan con acreditación por parte del SAE.

- Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN).
- Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano (CMEE).
- Laboratorios de calibración privados como Elicrom, Metrologic, Metrolab, etc.

Micro

En el cantón Quito provincia de Pichincha, está ubicada la empresa Tecniprecisión Cía. Ltda., la cual tiene a sus disposición un laboratorio de metrología dedicado a la calibración y certificación de equipos e instrumentos de medición en varias magnitudes, cuenta con patrones que mantienen trazabilidad a laboratorios acreditados, así como también posee una infraestructura conformada por laboratorios de calibración en las siguientes magnitudes:

- Dimensional
- Fluidos presión y vacío
- Mecánica momentos (torque)
- Electricidad CC y baja frecuencia
- Temperatura

Tecniprecisión actualmente está implementando la Norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 requisito principal para la prestación de servicios como laboratorios de calibración; el objetivo de Tecniprecisión es obtener la acreditación por parte del SAE, es por ello que el laboratorio concentra sus esfuerzos en obtener la mayor confianza y satisfacción de sus clientes, ofreciendo servicios integrales de calibración en varias magnitudes contribuyendo al mejoramiento de la calidad y confiabilidad de los procesos, productos, equipos y materiales utilizados en la industria ecuatoriana.

El laboratorio de temperatura de Tecniprecisión viene realizando la calibración de termómetros digitales, bimetálicos, sondas termopares, PT100, caracterización de medios isotérmicos, los mismos que son contrastados con patrones de referencia trazables a organismos acreditados.

Actualmente el laboratorio de temperatura presenta dificultades en la calibración de termohigrómetros puesto que su proceso de calibración no está completamente consolidado, por lo que en algunas ocasiones se ha realizado hasta dos veces la calibración de un mismo instrumento para obtener resultados

favorables, afectando los tiempos programados de entrega de los instrumentos esto también contribuye a la inexistencia de cursos teórico práctico en el país relacionados con el tema para formar al personal involucrado en el área.

Por lo que la productividad en el laboratorio de temperatura se ha visto afectada, por tanto con la presente investigación se analizará el proceso de calibración y equipos necesarios para realizar la calibración de medidores de condiciones ambientales (termohigrómetros) los cuales son usados en el sector industrial para medir y/o controlar procesos productivos y con ello mejorar la situación actual del laboratorio.

Árbol de Problemas

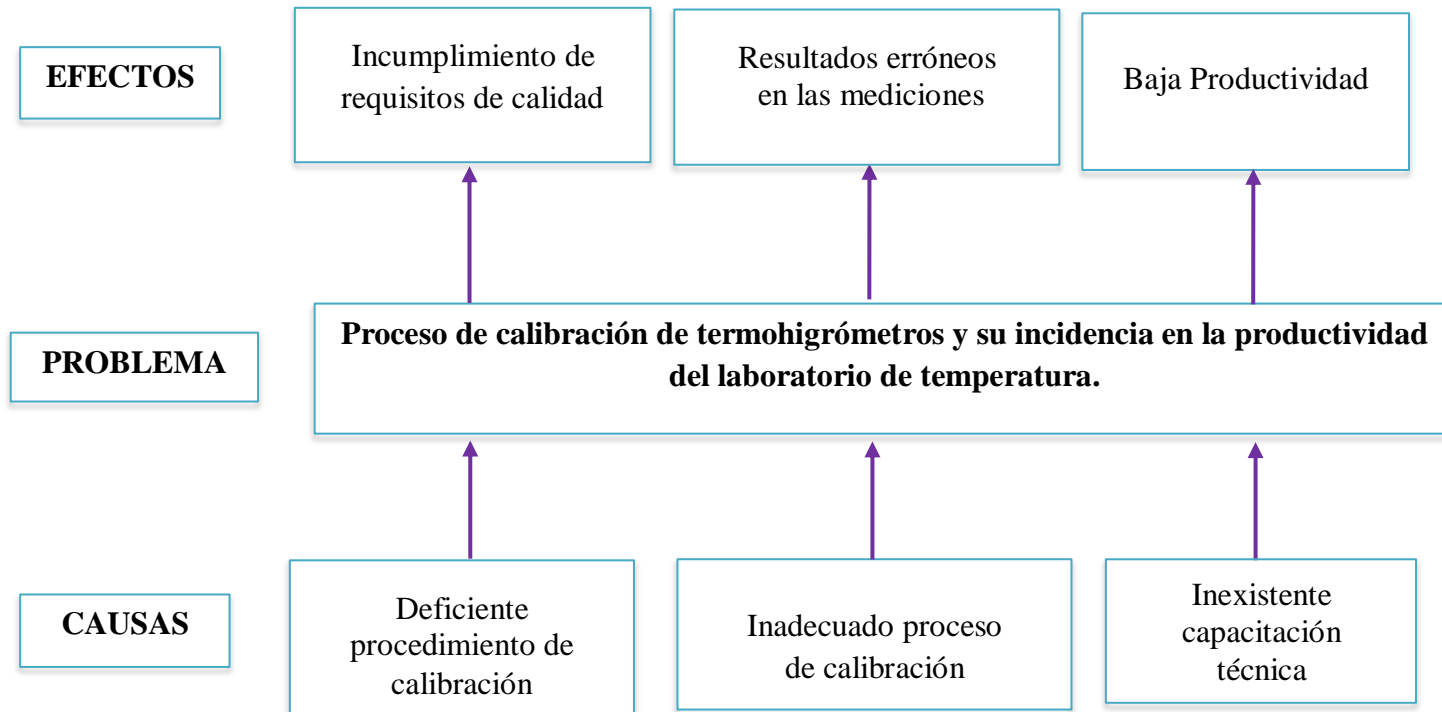


Figura N° 2: Relación causa – efecto

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Análisis crítico

El deficiente procedimiento de calibración de termohigrómetros no está acorde a los lineamientos estandarizados de un procedimiento de calibración ya comprobado para este tipo de instrumentos de medición, sino en base a los criterios de los técnicos del laboratorio de temperatura por lo que en el proceso de calibración de estos instrumentos se produce una inadecuada manipulación de los equipos, patrón de referencia y del instrumento bajo calibración, lo que incide en el incumplimiento de los requisitos de calidad.

El proceso de calibración de termohigrómetros no se está realizando apropiadamente en el laboratorio de temperatura, ello ocurre por no contar con los equipos apropiados para realizar dicha actividad, es así que al iniciarse la calibración los ensayos resultan erróneos, la variación de temperatura en el laboratorio está ocasionando que el estándar de humedad (material referencia) utilizado en el proceso de calibración no mantenga su valor nominal, dando como resultado errores fluctuantes en las mediciones.

Por la inexistencia de cursos en el país relacionado en el ámbito metrológico ha ocasionado que los técnicos tengan deficiencias en el proceso de calibración de termohigrómetros originando una pausa en la productividad del laboratorio de temperatura y con ello la disminución de ingresos a esta área. Estas debilidades afectan directamente al prestigio de la empresa, por lo que en un futuro sus clientes podrían perder confiabilidad en los servicios que presta Tecniprecisión.

Prognosis

¿Qué le sucederá al laboratorio de temperatura si no se soluciona el problema?

Si el laboratorio de temperatura continúa realizando la calibración de termohigrómetros sin la capacidad técnica como tecnológica, se verá afectada la calidad metrológica que ofrece Tecniprecisión.

De continuar utilizando el proceso actual de calibración para este tipo de instrumentos no se podrá obtener valores reales o similares entre el patrón y el instrumento bajo calibración (IBC), la mayoría de estos equipos son usados en procesos productivos por lo que es de gran importancia la veracidad de sus mediciones para no alterar las propiedades o características de un producto.

Si el Servicio de Acreditación Ecuatoriano, quien regula y controla laboratorios de calibración y ensayos evidenciare estas desviaciones en la calibración de termohigrómetros podría sancionar a Tecniprecisión por incumplimiento con los requisitos establecidos en la Norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006, e incluso sus clientes podrían tomar acciones legales.

Sin la capacitación requerida el personal difícilmente podrá adquirir destrezas teórico práctico en procesos de calibración reduciendo competitividad y rentabilidad con lo cual la productividad del laboratorio de temperatura se vería afectada puesto que se reducirían al mínimo las calibraciones ocasionando un golpe económico a la empresa y a sus colaboradores, perdiendo credibilidad ante sus clientes y cediendo terreno ante la competencia.

Formulación del problema

Del análisis del problema planteado surge como interrogantes las siguientes preguntas, las cuales se determinarán con el desarrollo a lo largo del proyecto de investigación.

Interrogantes de Investigación

- ¿De qué forma incide en la productividad el proceso de calibración de termohigrómetros realizado en el laboratorio de temperatura?
- ¿Qué factores afectan a este proceso (temperatura, humedad) para que los resultados obtenidos sean erróneos?
- ¿Cómo realizar el análisis del proceso para determinar los factores que inciden en la productividad?

Delimitación de la investigación

Campo: Ingeniería Industrial

Área: Metrología

Aspecto: Proceso de calibración de termohigrómetros.

Delimitación Espacial: En la ciudad de Quito Tecniprecisión Cía. Ltda.

Delimitación Temporal: Mayo 2016

Justificación

El presente trabajo de grado tiene como finalidad mejorar la productividad en el laboratorio de temperatura de la empresa Tecniprecisión Cía. Ltda.

La presente investigación es de gran interés para el laboratorio de temperatura puesto que permitirá mejorar el proceso de calibración de termohigrómetros y servirá de referente para técnicos inmersos en laboratorios de metrología que deseen aplicar e implementar este proceso en el área de temperatura.

En toda empresa el factor económico es de suma importancia puesto que al contar con estabilidad económica ésta genera fuentes de empleo y obtiene mayores recursos, de los cuales sus empleados gozarán de beneficios y contarán con ambientes de trabajo apropiados para ejecutar una determinada actividad.

A la vez existe factibilidad para realizar la investigación especialmente porque se cuenta con conocimiento técnico y experiencia de colaboradores de Tecniprecisión en el área metrológica, así como de textos de metrología, guías y procedimientos de calibración, para con ello obtener un proceso y/o método de calibración acorde a uno ya comprobado.

Con la presente investigación se espera obtener una gran utilidad teórica porque se consultará en fuentes de información primarias y secundarias, especializada en metrología aplicada al área de temperatura, humedad relativa y práctica en la cual se expondrá una propuesta que dé solución al problema investigado, quedando como fuente de consulta para futuros trabajos relacionados con el tema.

Los beneficiarios de la investigación serán los laboratorios que decidan efectuar mejoras en el área de temperatura, a nivel académico como fuente de consulta y social dirigido a técnicos instrumentistas que laboran en centros de metrología con el fin garantizar la calidad de las mediciones y alcanzar los objetivos propuestos.

Objetivos

Objetivo General

Analizar el proceso de calibración de termohigrómetros y su incidencia en la productividad del laboratorio de temperatura de la empresa Tecniprecisión Cía. Ltda.

Objetivos Específicos

- Determinar el tiempo actual del proceso de calibración de termohigrómetros.
- Identificar los factores que afectan el proceso de calibración de termohigrómetros en el laboratorio de temperatura de Tecniprecisión.
- Estimar la productividad actual del proceso de calibración de termohigrómetros.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Antecedentes Investigativos

Para el desarrollo de la investigación sobre el análisis del proceso de calibración de termohigrómetros y su incidencia en la productividad de la empresa Tecniprecisión, se utilizará trabajos similares al tema propuesto, así también se trabajará con bibliografía que sustente la investigación como lo es la tesis del:

Autor: Vicente Laguna Sebastián Cristóbal

Tema: “ESTABLECIMIENTO DE UN SISTEMA DE ASEGURAMIENTO METROLÓGICO CONFORME A LA NORMA NTE, ISO 10012:2007 PARA EL LABORATORIO DE CALIBRACIÓN DE INSTRUMENTOS DE LONGITUD INEN EN EL AÑO 2013” de la Facultad de Mecánica, de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo. El autor concluye luego de su estudio lo siguiente:

- Se concluye que el propósito de establecer un sistema de aseguramiento metrológico es de garantizar la confiabilidad y la idoneidad del instrumento de medición. Se estableció un sistema de aseguramiento metrológico enfocado a la identificación y desarrollo de procedimientos de calibración de acuerdo a requisitos metrológicos como son criterios de aceptación, errores máximos permitidos para los diferentes instrumentos que se calibran en el laboratorio de longitud.

- Un Sistema de aseguramiento metrológico permite mantener un control eficiente sobre los equipos de medición reduciendo los riesgos de obtener resultados de medición incorrectos. Todo equipo o instrumento que afecte la calidad, se debe calibrar. Un equipo nuevo no da garantía de una medición correcta, salvo el caso que este se haya calibrado.
- Se concluye que se debe utilizar únicamente patrones con calibraciones vigentes asegurarse, además que cumplan con las tolerancias y resoluciones necesarias para la calibración.

Autores: Myriam Janeth Mafla Alvear
Mayra Ortiz Guachamin

Tema: “METODOLOGÍA PARA CERTIFICAR LA CALIBRACIÓN DE ANALIZADORES DE GASES Y OPACÍMETROS EN EL AÑO 2007” de la Facultad de Ingeniería Mecánica, de la Escuela Politécnica Nacional. Los autores concluyen luego de su estudio lo siguiente:

- El estudio de la Metrología es de suma importancia debido a que ésta ciencia cumple un papel importante en la Industria, tanto desde el punto de vista de Investigación y Desarrollo, como el de Manufactura.
- La Metrología es una herramienta con la cual se puede implementar programas de mejoramiento continuo dentro de los procesos de producción de una empresa, ya que permite ofrecer servicios con mejor calidad y mayor confiabilidad. La incertidumbre de medida es el objetivo de una calibración, ya que es el dato técnico que refleja la confiabilidad del equipo.
- Es de gran importancia seguir métodos idóneos para realizar la calibración de los instrumentos involucrados en la producción, y así conocer la incertidumbre y asegurar la trazabilidad a patrones.
- Seguir procedimientos de calibración certificados da una ventaja frente a instituciones que no los poseen, debido a que éstos aseguran un conocimiento acertado de la incertidumbre asociadas a los distintos equipos de medida.

Fundamentación

Fundamentación técnica

Según menciona Norma Técnica Ecuatoriana INEN:

La NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006 contempla requisitos generales que debe cumplir un laboratorio de calibración para ser reconocido como competente para realizar calibraciones, y es utilizada por los organismos correspondientes como base para la acreditación.

Los laboratorios que cumplen los requisitos de NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006 pueden demostrar que operan con un sistema de calidad y que su competencia técnica en ensayos de calibraciones generan resultados técnicamente válidos.

Guías y/o procedimiento de calibración

Estos documentos ofrecen un conjunto de acciones u operaciones requeridas para realizar la calibración de instrumentos o equipos de medición y generación para obtener siempre el mismo resultado bajo las mismas circunstancias.

Fundamentación legal

Según el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) dice que:

Metrología Legal es el área que se ocupa de las exigencias legales, técnicas y administrativas, relativas a las unidades de medida, los métodos de medición, los instrumentos de medición y las medidas materializadas. (<http://www.normalizacion.gob.ec/informacion-metrologia/>)

De acuerdo al artículo 35 de la Ley del Sistema Ecuatoriano de Calidad de febrero del 2007, publicada en registro oficial Suplemento 26: “El INEN tiene a responsabilidad el aseguramiento de las mediciones, se fundamentará en la trazabilidad de los patrones Nacionales hacia patrones Internacionales del Sistema Internacional de Unidades SI, de mayor jerarquía”. (<http://www.normalizacion.gob.ec/informacion-metrologia/>)

Organizador Lógico de Variables

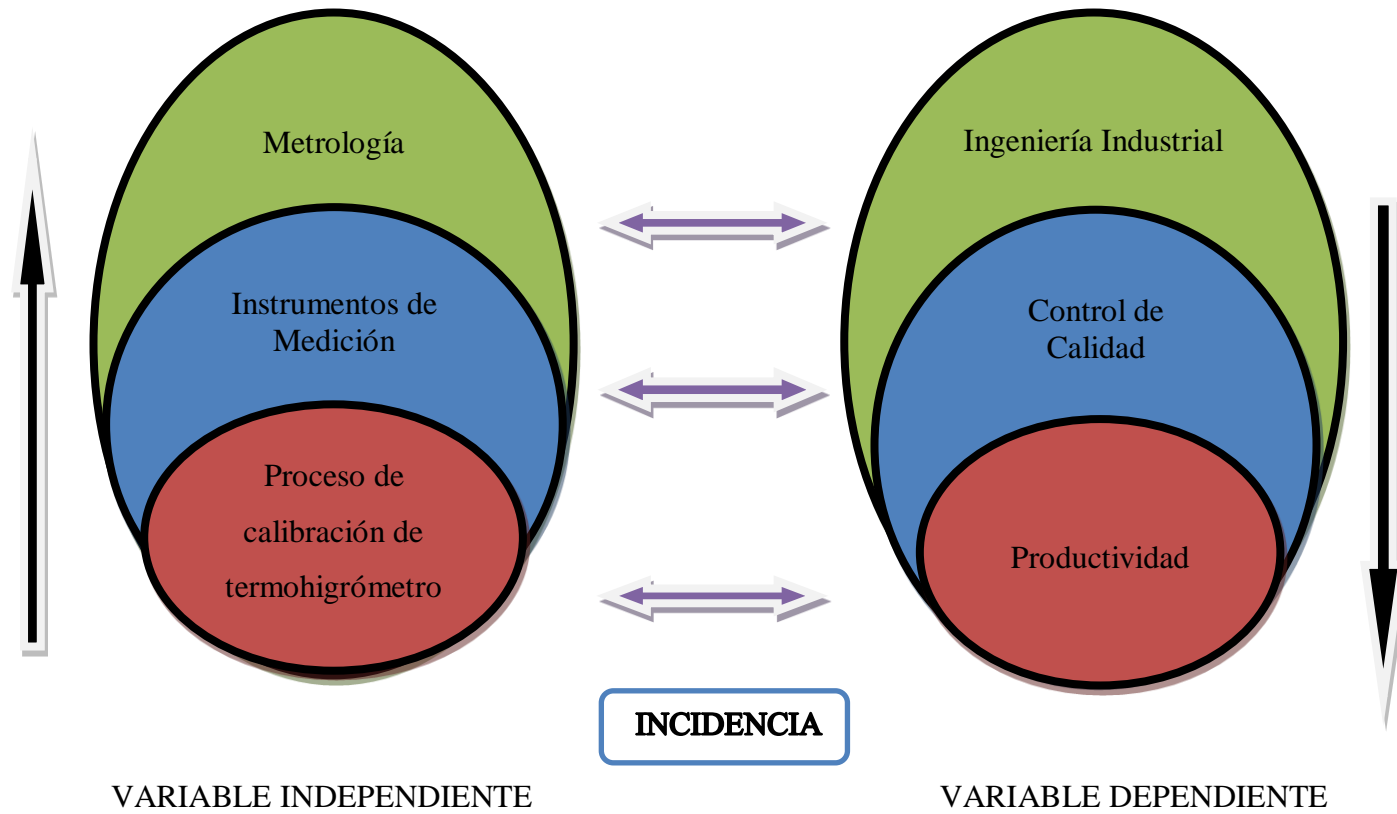


Figura N° 3: Red de Categorías

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Constelación de ideas de la variable independiente

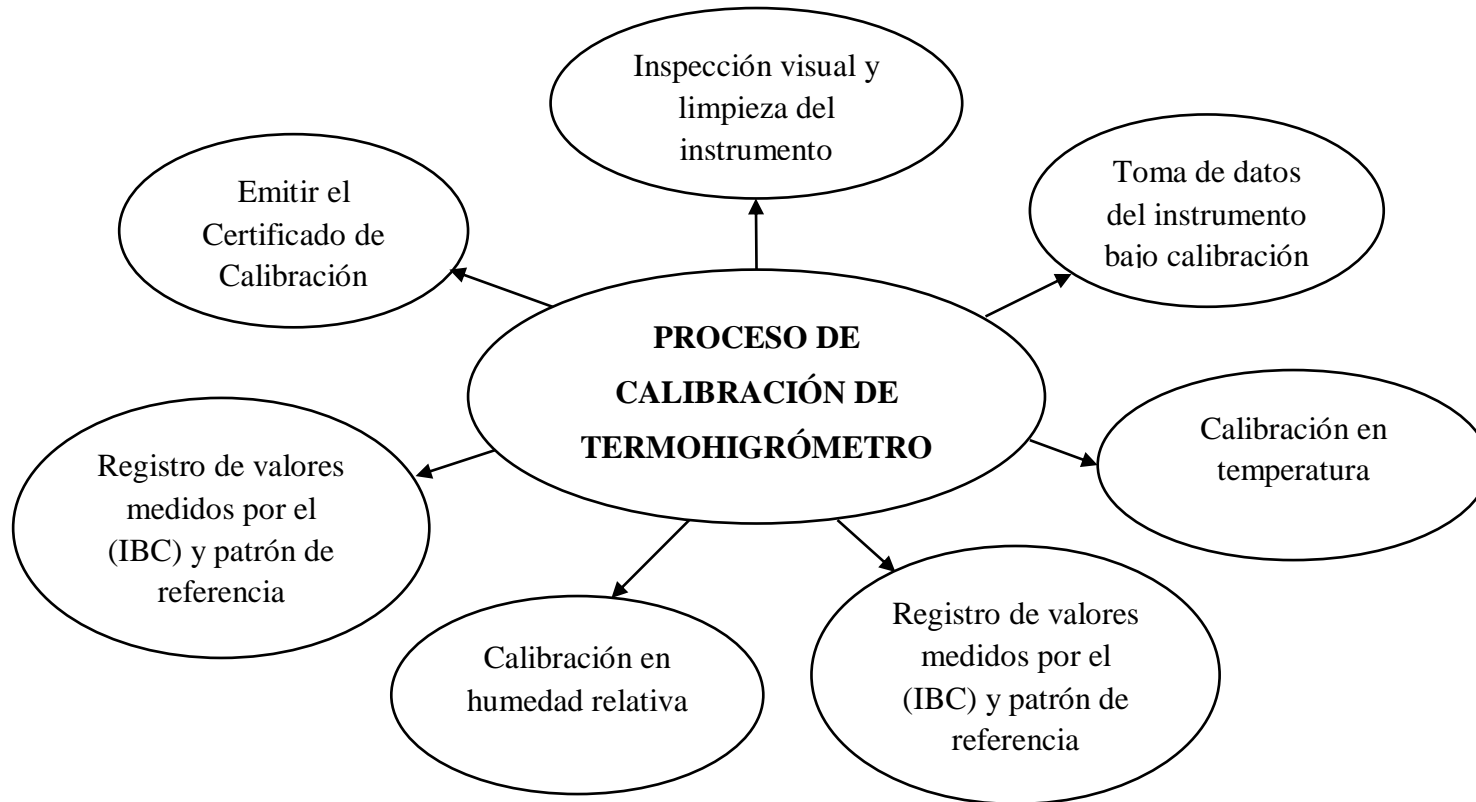


Figura N° 4: Constelación de ideas de la variable independiente

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Constelación de ideas de la variable dependiente

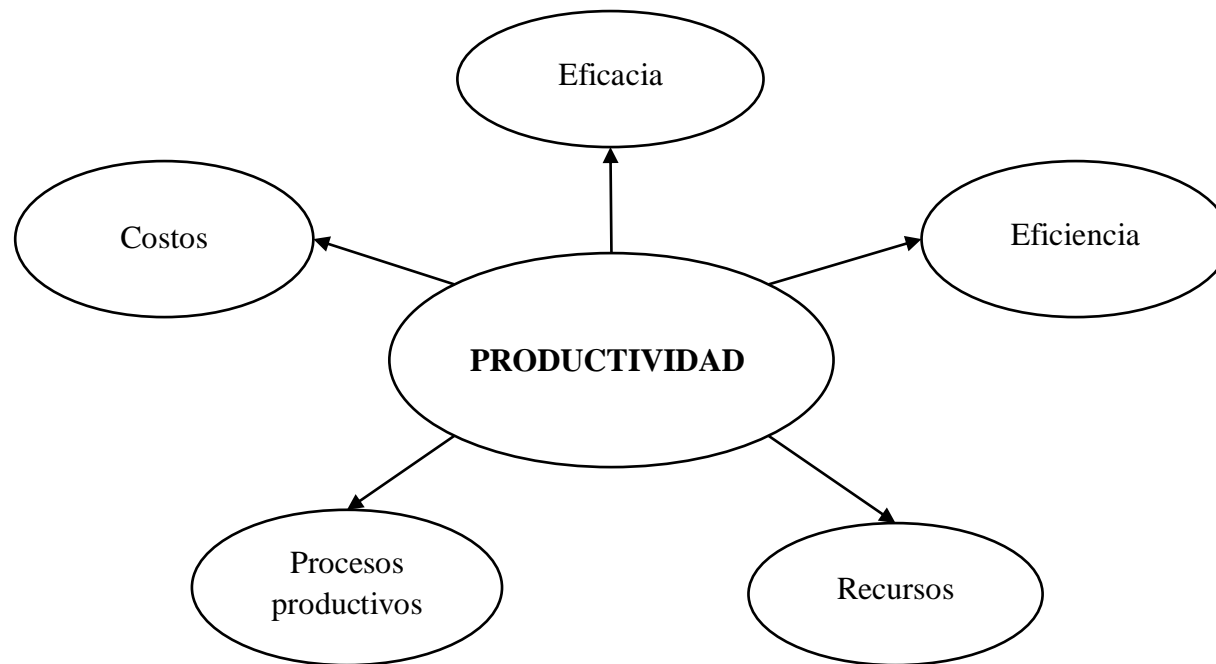


Figura N° 5: Constelación de ideas de la variable dependiente

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Fundamentación Teórica

Metrología

Según Luis Alfredo Rodríguez dice que:

La metrología es la ciencia de la medición. Su objetivo principal es garantizar la confiabilidad de las mediciones. La metrología es una ciencia en constante evolución y desarrollo; muchos de los progresos tecnológicos de la actualidad se dan gracias al avance de la metrología, (http://drupal.puj.edu.co/files/OI073_Luis%20Alfredo%20Rodriguez.pdf), (p.01).

A través de la metrología se puede conocer en qué consiste y cómo se usa un sistema de unidades de medida, la cantidad de masa o volumen de un producto determinado, la distribución de valores de temperatura de diversos hornos de producción, cuáles son los instrumentos apropiados para tal o cual medición y cuál es el procedimiento adecuado para efectuar un tipo de medición determinado.

La metrología tiene tres principales campos de estudio:

Metrología Industrial

Tiene como objetivo garantizar la confiabilidad de las mediciones que se realizan día a día en la industria. Se aplica en:

- La calibración de equipos de medición y prueba.
- Diseño de un producto o servicio.
- Inspección de materias primas, proceso y producto terminado.
- Durante el servicio técnico al producto.
- Durante la prestación de un servicio.

Metrología Legal

Su objetivo es proteger a los consumidores para que reciban los bienes y servicios con las características que ofrecen o anuncian los diferentes fabricantes. Debe ser ejercida por los gobiernos y entre sus campos de acción están:

- Verificación de pesas, balanzas y básculas.
- Verificación de cintas métricas.
- Verificación de surtidores de combustible.
- Verificación de productos pre - empacados.
- Control de escapes de gas de automóviles.
- Taxímetros.
- Cilindros de gas.
- Contadores Eléctricos, de agua, de gas, etc.

Metrología Científica

En este campo se investiga intensamente para mejorar los patrones, las técnicas y métodos de medición, los instrumentos y la precisión de las medidas.

Se ocupa, entre otras, de actividades como:

- Mantenimiento de patrones internacionales.
- Búsqueda de nuevos patrones que representen o materialicen de mejor manera las unidades de medición.
- Mejoramiento de la exactitud de las mediciones necesarias para los desarrollos científicos y tecnológicos.

Áreas de la Metrología

La metrología también puede clasificarse según el tipo de variable que se está midiendo. De acuerdo con este criterio se han establecido áreas como:

- Masas y Balanzas
- Mediciones Dimensionales
- Temperatura
- Humedad
- Presión
- Electricidad CC y Baja Frecuencia
- Volumen y Densidad
- Tiempo y Frecuencia
- Fuerza y Torque

Aspectos conceptuales de metrología

Según el Centro Español de Metrología define que:

Patrón Internacional: patrón conocido por un acuerdo internacional para servir como referencia internacional para la asignación de valores a otros patrones de la magnitud considerada.

Patrón Nacional: patrón reconocido por una decisión nacional, en un país para servir como referencia para la asignación a otros patrones de la magnitud considerada.

Patrón de Referencia: patrón, en general de la más alta calidad metrológica disponible en un laboratorio o en una organización determinada, de la cual se derivan las mediciones hechas en dicho lugar.

Patrón de Trabajo: patrón utilizado habitualmente para calibrar instrumentos o equipos de medición, (<http://www.cem.es/cem/metrología/>) (p.10).

Según la Entidad Nacional de Acreditación define que:

Trazabilidad metrológica

Propiedad de un resultado de medida por la cual el resultado puede relacionarse con una referencia mediante una cadena ininterrumpida y documentada de calibraciones, cada una de las cuales contribuye a la incertidumbre de medida, (https://www.enac.es/documents/7020/563119/Doc_ENAC_CEM_trazabilidad/4c53078c-e94a-42ee-a063-cdf4c13f7cb3), (p.02).

La trazabilidad metrológica requiere una jerarquía de calibración establecida.



Figura N° 6: Trazabilidad Metrológica

Fuente: Instituto Nacional de Metrología de Colombia

Elaborado por: Investigador

Sistema Internacional de Unidades

El Sistema internacional de medidas fue creado en 1960 por la Conferencia General de Pesas y Medidas. Las unidades del Sistema Internacional son las más utilizadas en instrumentos y/o equipos de medición custodiado con una cadena ininterrumpida de calibraciones o comparaciones para su verificar su funcionamiento.

El Sistema Internacional de unidades consta de siete unidades básicas, también denominadas unidades fundamentales se llamaban así por ser consideradas independientes entre sí y permitir la definición de otras unidades.

Se presenta a continuación las siete magnitudes básicas correspondientes a las unidades básicas del Sistema Internacional.

Tabla N° 1: Magnitudes y unidades básicas del Sistema Internacional

Magnitud básica	Símbolo	Unidad básica	Símbolo
Longitud	l,h,r,x	metro	m
Masa	m	kilogramo	kg
Tiempo	t	segundo	s
Corriente eléctrica	I, i	ampere	A
Temperatura	T	kelvin	K
Cantidad de sustancia	n	mol	mol
Intensidad Luminosa	Iv	candela	cd

Fuente: Centro Español de Metrología

Elaborado por: Investigador

Instrumentos de medición

Según Sebastián Esquivel Díaz, (2011) menciona que:

En metrología un instrumento o equipo de medición es utilizado para medir variables físicas como presión, temperatura, etc. Las unidades de medida ya están previamente definidas en el (SI) según sea la necesidad de medir y para verificar su aptitud son comparados con patrones de la misma magnitud obteniendo como resultado de esta comparación un error de medición (p. 02).

Los instrumentos y equipos de medición sirven para medir diversas magnitudes como masa, tiempo, longitud, presión, temperatura, propiedades eléctricas, etc.

Características de un instrumento de medición

Aptitud de un instrumento de medida para dar indicaciones muy próximas a un referente de la misma magnitud en las mismas condiciones de medida.

Las características principales de un instrumento de medición son:

Precisión

Es la proximidad entre las indicaciones o los valores medidos obtenidos en mediciones repetidas de un mismo objeto bajo condiciones especificadas.

Resolución

Es la mínima variación que presenta un equipo de medición al momento de medir una variable, la resolución generalmente es aplicada a equipos digitales y para instrumentos analógicos se aplica la división de escala.

Estabilidad

Aptitud de un instrumento de medida para mantener constante sus características metrológicas a lo largo del tiempo.

Tolerancia

La tolerancia o error máximo permitido viene establecida por el fabricante del instrumento o equipo de medición, es el error máximo con el cual puede fallar el instrumento que está sujeto a medir una determinada variable.

Tipos de instrumentos de medición

Los instrumentos de medición son aquellos que se emplean para medir diversas magnitudes físicas. De acuerdo a lo que se desee medir, se requerirán no sólo distintos procedimientos, sino también distintos instrumentos o equipos ya sean estos analógicos o digitales. Por ejemplo una escuadra, balanza, termómetro, cronómetro, luxómetro, multímetro, manómetro, tacómetro, etc.

Instrumento digital

Un instrumento digital funciona en base a circuitos y sensores electrónicos que permiten visualizar los valores medidos en una pantalla LCD display, sus características de medición y precisión son muy buenas lo que facilita la comprensión y registro de medición a una persona.



Figura N° 7: Instrumentos de medición digital

Fuente: <http://termohigrometros.com/>

Elaborado por: Investigador

Instrumento Analógico

Los instrumentos analógicos funcionan con sistemas mecánicos, por lo que su precisión, división de escala y tolerancia es superior en comparación con un digital, todo ello por operar con componentes mecánicos, hoy en día estos instrumentos son usados en talleres que no requieren alta precisión en sus procesos de manufactura.



Figura N° 8: Instrumento de medición analógico

Fuente: <http://www.vuototecnica.es/>

Elaborado por: Investigador

Términos y definiciones del Vocabulario Internacional de metrología (VIM)

- **Mensurando:** magnitud particular sometida a medición.
- **Medida materializada:** dispositivo destinado a reproducir o a proporcionar, de una manera permanente durante su utilización, uno o varios valores conocidos de una magnitud dada.
- **Repetibilidad:** es la sucesión de mediciones realizadas a un mismo equipo o instrumento de medición bajo las mismas condiciones para verificar si mantiene su estabilidad ante perturbaciones inesperadas.
- **Incertidumbre (de medida):** parámetro no negativo asociado al resultado de una medición, que caracteriza la dispersión de los valores que podrían ser razonablemente atribuidos al mensurando.
- **Sensor:** elemento electrónico de un equipo de medición que está directamente sometida a la acción de una variable física.
- **Error sistemático de medida:** componente del error de medida que, en mediciones repetidas permanece constante o cambia de forma predecible.
- **Error aleatorio de medida:** componente del error de medida que en mediciones repetidas, varía de forma impredecible.
- **Medición:** conjunto sistemático de operaciones para determinar el valor de una magnitud.
- **Error (de medida):** resultado de una medición menos un valor de referencia.

Error = resultado de medición - valor de referencia patrón

- **Corrección:** es el valor de referencia corregido menos el valor de medición del equipo bajo verificación.

Corrección = valor de referencia patrón – resultado de medición

Temperatura

Según AENOR (1999) define que:

La temperatura es una de las magnitudes físicas cuya medida es más frecuente tanto en la investigación como en la industria. Es una de las manifestaciones de la agitación de los átomos o de las moléculas que constituyen la materia (p. 183).

La temperatura es una medida del calor o energía térmica de las partículas en una sustancia, es así que no depende del número de partículas en un objeto y por lo tanto no depende de su tamaño.

Calor: es la energía en transición desde un sistema hacia otro únicamente por su diferencia de temperatura entre ellos y se lo representa generalmente por la letra [Q].

Unidades

Toda variable física que se pueda medir tiene sus propias unidades de medida es así que la temperatura tiene dos escalas de medida Celsius y Fahrenheit que son las más comunes y utilizadas en la industria.

La escala Celsius (°C): fue propuesta en 1742 por el astrónomo Anders Celsius. Consiste en una división regular en 100 intervalos, donde el 0 corresponde al punto de congelación del agua y el 100 al punto de ebullición del mismo. Se expresa en grados Celsius.

La escala Fahrenheit (°F): fue introducida en 1714 por Gabriel D. Fahrenheit y se utiliza habitualmente en Estados Unidos. Su escala se gradúa entre 32 °F (correspondiente a los 0°C) y 212 °F (correspondientes a los 100°C).

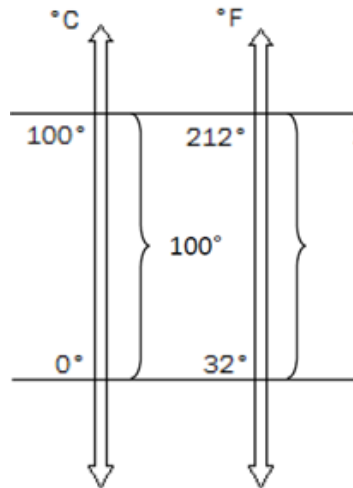


Figura N° 9: Escala de temperaturas Celsius y Fahrenheit
Fuente: Metrología práctica de la medida en la industria AENOR
Elaborado por: Investigador

Fórmulas para la conversión de escalas:

- Temperatura grados Fahrenheit

$$T_f = \frac{9}{5}T_c + 32 \quad (1)$$

- Temperatura grados Celsius

$$T_c = \frac{5}{9}(T_f - 32) \quad (2)$$

Tipos de termómetros

Termopares

Un termopar está constituido por dos hilos metálicos de diferente naturaleza, soldados en sus extremidades, cuando se calienta o se enfría una de las soldaduras llamadas unión de medida, una fuerza electromotriz aparece en esta unión y una corriente circula en el bucle. Esta fuerza electromotriz es función de la diferencia entre la temperatura de las dos uniones.



Figura N° 10: Termopar tipo k

Fuente: <https://www.omegawatches.com/es/>

Elaborado por: Investigador

Las tablas de referencia normalizadas dan las equivalencias entre la fuerza electromotriz (mV) y la temperatura (°C). Su rango de operación es de (- 200 °C a 2500 °C) por lo que tiene mayor acogida en procesos de fundición de metales.

Termómetros de resistencia de platino

Los sensores de resistencia de platino suelen ser de 100 Ω , 200 Ω , 500 Ω , 1000 Ω de los cuales el más utilizado es el de 100 Ω , conocido como RTD o Pt-100, se ensamblan dentro de una cubierta protectora para mayor resistencia a las vibraciones, presiones, etc. Estos termómetros tienen una gran exactitud y estabilidad en las mediciones. El rango de operación de las resistencias de platino es de (-100°C y 300°C).



Figura N° 11: Sensor de resistencia de platino

Fuente: <https://www.omegawatches.com/es/>

Elaborado por: Investigador

Bloque seco de temperatura

El bloque seco de temperatura o mufla está conformado por un controlador, resistencias, insertos, y sensores de alta presión que logran una estabilidad lineal en función del tiempo, este equipo genera valores de temperatura de 25°C hasta 400°C para calibración de termopares, termómetros y resistencias de platino es utilizado en laboratorios como en aplicaciones de campo.



Figura N° 12: Bloque seco de temperatura

Fuente: <http://www.termocuplas.com.co/>

Elaborado por: Investigador

Humedad relativa

La humedad es una variable física impredecible que no es constante y que depende principalmente de las condiciones ambientales externas generalmente es vapor de agua que se encuentra contenida el aire.

La humedad relativa del aire disminuye a medida que aumenta la temperatura ya que el aire puede retener mayor humedad cuanto menor sea su temperatura.

Tipos de humedad:

- **Humedad absoluta:** masa de vapor de agua, en gramos, contenida en $1 m^3$ de aire seco.
- **Humedad específica:** masa de vapor de agua, en gramos, contenida en 1 kg de aire.
- **Razón de mezcla:** masa de vapor de agua, en gramos, que hay en 1 kg de aire seco.

La humedad relativa es la que comúnmente se mide y registra para controlar un determinado ambiente esta magnitud no tiene unidad de medida definida por lo que se expresa en tanto por ciento (%) y para estimarla se aplica la siguiente formula:

$$HR = \frac{e}{E} 100 \quad (3)$$

Dónde:

HR: humedad relativa

e: constituye el contenido de vapor de la masa de aire.

E: constituye la capacidad máxima de almacenamiento.

El valor HR(%) indica la cantidad máxima de vapor de agua que puede contener una masa de aire antes de transformarse en agua líquida.

Higrómetro

Es un instrumento para medir la humedad relativa de un ambiente determinado que se encuentra en forma de vapor de agua conjuntamente mezclado con el aire. Los higrómetros antiguamente eran contruidos mecánicamente con elementos sensibles a las variaciones de la humedad atmosférica como el cabello de una persona.



Figura N° 13: Higrómetro analógico

Fuente: <http://www.airalia.es/higrometros/>

Elaborado por: Investigador

Termohigrómetro digital

Es un instrumento con display electrónico utilizado para medir en tiempo real dos variables físicas temperatura y humedad relativa, este instrumento posee una resolución mínima en temperatura de $0,1^{\circ}\text{C}$, generalmente con un rango de medición de 0°C a 50°C y para humedad relativa presenta una resolución de $0,1\% \text{HR}$ y su rango de medida es de 10% a $90\% \text{HR}$ manteniendo una precisión de hasta $5\% \text{HR}$.



Figura N° 14: Termohigrómetro digital

Fuente: <https://www.casaclima.com/>

Elaborado por: Investigador

Los medidores de condiciones ambientales (termohigrómetros) son utilizados en diferentes ambientes de trabajo donde se requiere monitorear y controlar la temperatura y humedad relativa para no alterar un proceso productivo y mantener la calidad de un producto final tal es el caso de las medicinas.

Estándar de humedad

Según catálogo rotronic, (2009) dice que:

El estándar de humedad se presenta en ampollas que contienen una solución salina saturada. Los valores de humedad más utilizados comúnmente son el 40% y 75% de humedad relativa. Estos se utilizan para calibraciones de 2 puntos.



Figura N° 15: Estándar de humedad

Fuente: Rotronic

Elaborado por: Investigador

Características

- Las ampollas contienen soluciones salinas saturadas
- Usados en laboratorios de calibración
- Uso sencillo y seguro
- Vida útil ilimitada mientras esta no sea destapada.
- Paquetes prácticos de 5 ampollas del mismo valor de humedad (aprox. 0,8 ml por ampolla)

Valores estándar de humedad

Los valores de las soluciones salinas son del (40%, 50%, 60%, 65%, 75%,) de humedad relativa.

Humidificador

Es un equipo electrónico que genera vapor de agua y lo envía al ambiente formando parte del aire, este equipo se creó con el fin de mejorar el confort de un determinado ambiente evitando su sequedad y reduciendo el riesgo de microorganismos que pueden afectar el sistema respiratorio.



Figura N° 16: Humidificador

Fuente: <http://www.synergias.com.ar/>

Elaborado por: Investigador

Tipos de humidificadores

Humidificador de vapor frío

Este equipo electrónico funciona mediante ondas de alta frecuencia (ultrasonido) que pulveriza el agua y la convierte en un fino vapor frío, su principal ventaja es que no altera la temperatura ambiente.

Humidificador de vapor caliente

Es un equipo que en su interior utiliza resistencias eléctricas que calientan el agua hasta evaporarla tienden a consumir mayor energía que un humidificador de vapor frío su desventaja es que alteran la temperatura ambiente.

Deshumidificador

El deshumidificador es un equipo que enfría el aire del ambiente condensándolo y almacenándolo en un recipiente, este equipo absorbe humedad relativa entregando al ambiente aire seco. Puede bajar la humedad hasta un 35% esto dependerá del acondicionamiento que se desee dar a un determinado ambiente.

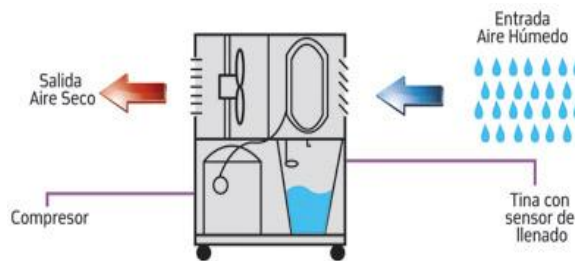


Figura N° 17: Deshumidificador

Fuente: <http://www.ventdepot.com/>

Elaborado por: Investigador

Proceso de calibración de termohigrómetros

Según Jaime Restrepo Díaz, (2013) define que:

El proceso de calibración es una serie de pasos preestablecidos por un procedimiento o instructivo el cual se ejecuta para comparar un instrumento de medición frente a uno de referencia siendo este el de mejores características metrológicas. De esta comparación surge un error que mediante el error máximo permitido se puede deducir si el instrumento está apto para seguir midiendo caso contrario se rechazará al instrumento por haber perdido sus características de medición, (p. 67).

El proceso de calibración de un termohigrómetro se inicia con una secuencia ordenada y planificada de operaciones, donde se realizan constantes mediciones en temperatura y humedad relativa en un tiempo determinado según el método empleado, mediante el uso de las mediciones registradas se expide un certificado de calibración con los resultados del instrumento en el cual se da a conocer el error que tiene el instrumento versus un patrón de referencia.

Dentro del proceso de calibración se debe tomar en cuenta que las características metrológicas sean las adecuadas en el momento del ensayo para garantizar la calidad de los resultados.

Todos los instrumentos de medición involucrados en el proceso de calibración deben contar con el certificado de calibración vigente el cual debe contener la trazabilidad metrológica a patrones nacionales de medición y su incertidumbre de medida. El procedimiento de calibración debe describir el método, los equipos, patrones y las operaciones necesarias para realizar la calibración.

Calibración

Según el Centro Español de Metrología define que:

Es el conjunto de operaciones que establecen, en condiciones especificadas, la relación entre valores indicados por un instrumento o equipo de medición, un sistema de mediciones o los valores representados por una medida materializada, y los correspondientes valores conocidos de una determinada magnitud medida.(http://www.cem.es/cem/metrologia/glosario_de_terminos)

El resultados de una calibración permite determinar el error de medición de un instrumento de esta manera se puede determinar que tan bien trabaja este instrumento en todo su rango de medición y cuál es la dispersión que este posee.

Inspección visual y limpieza de un instrumento

Según Jaime Restrepo Díaz, (2013) define que:

La inspección visual es una secuencia de operaciones que se realiza a un instrumento de medición con fin de determinar si el mismo está apto para calibración o si debe ser rechazado, con el fin de asegurar la calidad de los resultados, (p. 50).

Los pasos para realizar una inspección visual de un instrumento son:

1. Observar que las superficies externas como carcasa y display no se encuentren fisurados o rotos.

2. Verificar que los sensores estén libres de impurezas.
3. Comprobar que cada función de medida esté operativa.
4. Finalmente limpiar con un paño la superficie exterior o interior del instrumento cuando este lo permita.

Toma de datos del instrumento bajo calibración

Según Emilio Sanz, (2009) dice que:

Comprende un conjunto de características, sean estas cualitativas o cuantitativas que son registradas en un formato matriz para posteriormente ser tratadas o estudiadas, (p. 05).

La toma de datos de un instrumento es el registro de sus características como:

- a) Marca
- b) Modelo
- d) Número de serie
- e) Rango / resolución
- f) Mediciones

El Protocolo de calibración es un documento interno elaborado por un laboratorio de calibración que recepta información sobre los datos del instrumento, patrones a utilizar, fecha de calibración, condiciones ambientales, puntos de calibración y lecturas medidas por el instrumento bajo calibración.

Calibración en temperatura

Según Jesús A. Dávila CENAM, (2008) dice que:

Los termohigrómetros tienen un diseño y construcción tal que su calibración en temperatura generalmente no se puede hacer en baños líquidos, por lo que se deben calibrar en pozos secos o en cámaras con temperatura controlada. (https://www.cenam.mx/simposio2008/sm_2008/memorias/M1/SM2008-M118-1099.pdf)

El sensor de temperatura y el sensor de humedad forman parte de la estructura de un termohigrómetro por lo que la calibración se realiza en un bloque seco de temperatura este método es el más usado actualmente pero requiere mayor tiempo de estabilización para obtener mediciones reales. En la figura N° 18 se muestra los componentes del sistema de calibración mediante el uso de un pozo seco de temperatura:

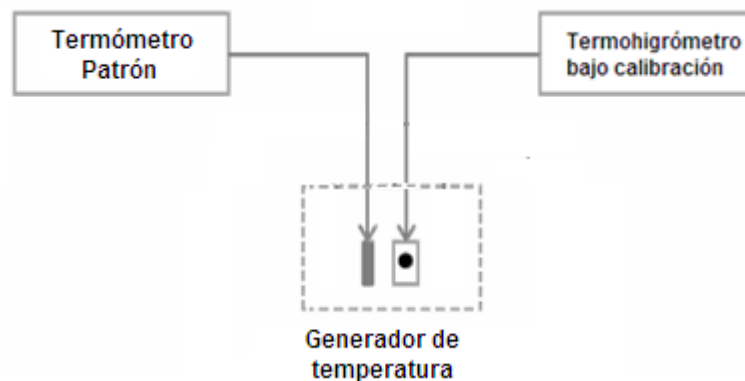


Figura N° 18: Calibración en temperatura

Fuente: Calibración de higrómetros de humedad relativa CENAM

Elaborado por: Investigador

En este método, el termómetro patrón proporcionara el valor de referencia a ser comparado con el instrumento bajo calibración. Este valor de corrección tiene asociado un valor de incertidumbre de medida que depende de las variables que tienen influencia en la medición.

Calibración en humedad relativa

Según la Guía Técnica de Trazabilidad Metrológica, (2012) define que:

La calibración de higrómetros en humedad relativa generalmente se realiza en una cámara de humedad. Los métodos para generar humedad son el método de dos presiones, el método de flujo dividido y las soluciones de sal y agua. Este último es uno de los métodos menos costosos para realizar una calibración, además de cubrir un amplio intervalo de humedad relativa. (http://200.57.73.228:75/pqtinformativo/VIGENTES_ENERO2013/Guias_Tecnicas/CALIBRACION%20Higr%C3%B3metros%20v02_.pdf)

La humedad relativa generada mediante sales saturadas hace que el dieléctrico del higrómetro se dilate causando un cambio de frecuencia en los componentes electrónicos del instrumento, que resulta en una modulación de frecuencia la cual es una función de la humedad relativa. La frecuencia se convierte entonces en voltaje que se convierte en un valor de humedad relativa y se visualiza con un valor en la pantalla del instrumento. En la figura N° 19 se muestra los componentes del sistema de calibración mediante el uso de sales saturadas.

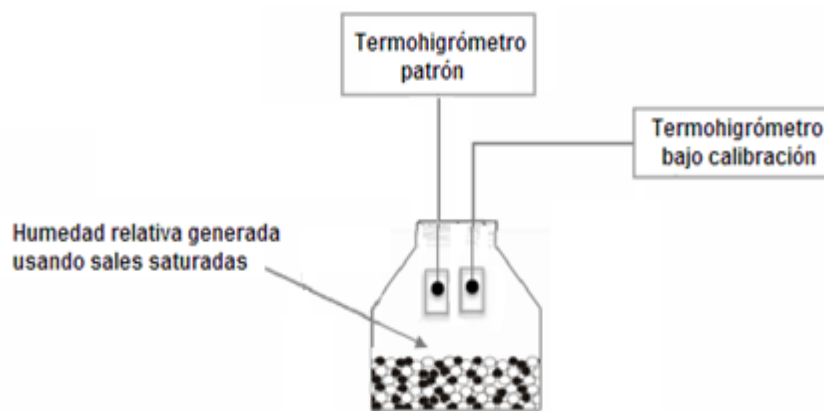


Figura N° 19: Calibración en humedad usando sales saturadas

Fuente: Calibración de higrómetros de humedad relativa CENAM

Elaborado por: Investigador

En este método, el termohigrómetro patrón proporcionara el valor de referencia a ser comparado con el instrumento bajo calibración. Este valor de corrección tiene asociado un valor de incertidumbre de medida que depende de las variables que tienen influencia en la medición.

Tiempo de estabilización

La estabilización y uniformidad del sistema de calibración son atribuidos principalmente al medio generador (temperatura – Humedad relativa). Se considera que la diferencia entre las lecturas del patrón y el IBC puede ser debido a la falta de estabilidad del generador.

Registro de valores medidos por el patrón y el IBC

Según el Centro Español de Metrología menciona que:

Transcurrido el tiempo de estabilización se tomará y anotará la medida del patrón de referencia y del IBC según sea el ensayo (temperatura o humedad) (p. 17).

Se recomienda realizar al menos 3 mediciones de una misma medición en cada punto de calibración. Ha sido una práctica común de los laboratorios de calibración realizar 3 mediciones en cada punto de calibración.

Análisis de datos

El laboratorio debe disponer de un procedimiento para el tratamiento de los resultados obtenidos. El procedimiento debe describir la forma de obtener la corrección puntual de los errores de calibración medidos en cada punto, así como la forma de estimar la incertidumbre de medida en cada punto de calibración.

Elaboración del certificado de calibración

El último paso en la calibración de un instrumento es la elaboración del certificado de calibración.

Según la Guía Metas, (2008) define que:

El certificado de calibración es un documento emitido por laboratorios de calibración o ensayo, donde se describe los resultados de calibración de un instrumento de medición. Todos los instrumentos de medición tienen un error de medida, es decir una pequeña variación entre lo que el equipo mide y la medida real. (<http://www.metas.com.mx/guiametas/la-guia-metas-08-10-certificados-de-calibracion.pdf>), (p. 2).

Según el punto 5.10 de la Norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006, el certificado de calibración debería incluir lo siguiente:

- a) Título “Certificado de calibración”.
- b) El nombre y dirección del laboratorio de calibración y el lugar dónde se ha realizado la calibración.
- c) Una identificación única del certificado de calibración.
- d) Nombre y dirección del cliente.
- e) Fecha de calibración.
- f) Descripción del instrumento bajo calibración.
- g) Identificación del método de calibración utilizado.
- h) Condiciones ambientales en las cuales fueron realizados los ensayos de calibraciones y su estimación si estos influyen en la calibración.
- i) Procedimiento de calibración utilizado.
- j) Evidencia de que las medidas son trazables, (Patrón de calibración utilizado).
- k) Los resultados de la calibración con las unidades de medida.
- l) Declaración de la incertidumbre de medida.
- m) Declaración de que los resultados finales corresponden con los ítems calibrados.
- n) El nombre, cargo y firma de quien realizo y autorizo el certificado de calibración.
- o) Identificación del número de páginas y su orden relativo.

INGENIERÍA INDUSTRIAL

Según Bryan Salazar López, (2014) dice que:

La Ingeniería Industrial es por definición la rama de las ingenierías encargada del análisis, interpretación, comprensión, diseño, programación y control de sistemas productivos y logísticos con miras a gestionar, implementar y establecer estrategias de optimización con el objetivo de lograr el máximo rendimiento de los procesos de creación de bienes y/o la prestación de servicios. (<http://www.ingenieriaindustrialonline.com/>)

La metrología es parte fundamental de la ingeniería industrial puesto que los instrumentos de medición utilizados en la fabricación de un producto o la prestación de un servicio garantizarán las características establecidas y/o requeridas por el consumidor obteniéndose calidad y confianza en el producto terminado.

La fusión de estas dos ciencias permite diseñar, desarrollar e implementar nuevos sistemas y métodos de medición, que en conjunto con sistemas de gestión de calidad, contribuyen a mejorar los productos y servicios de la industria, disminuyendo costos de producción e incrementando la productividad.

CONTROL DE CALIDAD

Según Dale H. Besterfield, (2009) dice que:

Una definición más trascendental de la calidad aparece en la norma ISO 9000:2000. En ella la calidad se define como el grado con el que un conjunto de características inherentes cumple los requisitos. Grado significa que se puede usar calidad con adjetivos como mala, buena y excelente. Inherente se define como que existe en algo, en especial como una característica permanente. Las características pueden ser cuantitativas o cualitativas. Un requisito es una necesidad o expectativa que se especifica; en general está implícita en la organización, sus clientes y otras partes interesadas, o bien es obligatoria (p. 2).

Cuando se habla de calidad viene en mente un excelente producto o servicio que cumple o rebasa nuestras expectativas.

La característica de un producto o servicio depende de las mediciones realizadas por instrumentos de medición que están inmersos en los procesos productivos. Para asegurar el correcto funcionamiento de los instrumentos de medición y tener la certeza de que las mediciones efectuadas son reales, estos instrumentos deben ser calibrados de esta forma se garantiza que un proceso, producto o servicio no sean alterados.

El control de calidad fue creado con la finalidad de verificar si un determinado producto o servicio cumple con normas o requisitos establecidos por un el cliente. Al no proporcionar dichos parámetros se pierde la confianza del cliente, los productos tienen menor aceptación en el mercado, las ventas se reducen trayendo consigo perdida para la empresa y sus colaboradores.

Aseguramiento de la calidad metrológica

Este control esta destinado para verificar el cumplimiento de los requisitos estipulados en una norma puesto que con el cumplimiento de los mismos se contribuye al desarrollo de las industrias y al comercio.

Este conjunto de actividades planeadas y programadas sistemáticamente, son llevadas a cabo en forma eficiente, garantizando lo siguiente:

- Que las características de calidad y magnitudes a medir sean realmente críticas e importantes.
- Que los dispositivos de seguimiento y medición sean los adecuados en cuanto a exactitud, repetibilidad, estabilidad y linealidad.
- Identificar, cuantificar y controlar las características de desempeño requeridas para el uso previsto del proceso de medición, por ejemplo, en cuanto a la incertidumbre de la medición, estabilidad, error máximo permisible, repetibilidad, reproducibilidad, nivel de habilidad del operador, etc.
- Manejar el riesgo de que el equipo de medición y los procesos de medición puedan producir resultados incorrectos que afecten la calidad del producto.
- Que el sistema proporcione confianza e información sobre la variabilidad del proceso productivo y la variabilidad del proceso de medición, con el objeto de controlarlos y mejorarlos.

PRODUCTIVIDAD

Según Chase Jacobs & Aquilano, (2009) comentan:

La productividad es una medida que suele emplearse para conocer que tan bien se está utilizando sus recursos (o factores de producción) un país, una industria o una unidad de negocios. Dado que la administración de operación y suministros se concentra en hacer el mejor uso posible de los recursos que están a disposición de una empresa, resulta fundamental medir la productividad para conocer el desempeño de las operaciones, (p. 28).

La productividad se estima así:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Recursos}}$$

Las empresas, industrias, negocios pueden crecer e incrementar sus ganancias mediante el aumento de la productividad. Mejorar la productividad se refiere al aumento de la cantidad de producción por hora de trabajo invertida.

Las herramientas fundamentales que generan una mejora en la productividad incluyen métodos, estudio de tiempos estándares (a menudo conocidos como medición del trabajo) y el diseño del trabajo.

En el caso del laboratorio de temperatura de Tecniprecisión el objetivo es realizar apropiadamente la calibración de termohigrómetros a través del empleo eficiente de los recursos de producción: materiales, técnicos y equipos sobre los cuales el ingeniero industrial se debe enfocar para aumentar los índices de productividad actual y de esa forma reducir los costos de producción.

La medición de la productividad es una forma excelente de evaluar la capacidad de una organización para proporcionar una mejora en el estándar de sus productos o servicios.

Medición de la productividad

El uso de medir la productividad en una empresa ayuda a los administradores a determinar qué tan bien la están direccionando.

Por ejemplo, si las unidades producidas son 1.000 pares de zapatos y las horas-hombre empleadas son 100. Entonces:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Horas – hombre empleadas}} = \frac{1.000}{100} = 10 \text{ zapatos por hora – hombre}$$

El uso de un solo recurso de entrada para medir la productividad, se conoce como productividad de un solo factor y es aquel que indica la razón que hay entre un recurso (entrada) y los bienes y servicios producidos (salidas).

La productividad de múltiples factores indica la razón que hay entre muchos o todos los recursos (entradas) y los bienes y servicios producidos (salidas) y se calcula combinando las unidades de entrada como se muestra a continuación:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Producción}}{\text{Mano de obra + energía + capital + varios}}$$

Incremento en la productividad

La productividad puede incrementarse se varias formas que se menciona a continuación:

- Aumentar la producción, utilizando los mismos recursos.
- Acceder al crecimiento de recursos utilizados, siempre y cuando la producción se incremente.
- Permitir que se reduzca la producción siempre y cuando la cantidad de recursos utilizados se menor.

Con los incrementos en la productividad la mano de obra, el capital y la administración pueden recibir pagos adicionales. Si los rendimientos sobre mano de obra, capital y administración aumentan sin incrementar la productividad, los precios suben. Por otra parte, si los precios bajan cuando la productividad se incrementa se produce más con los mismos recursos.

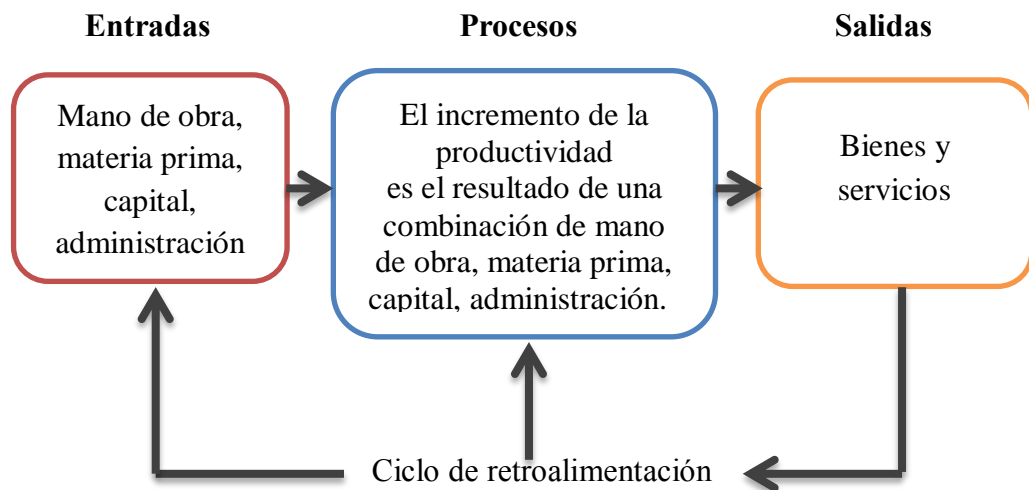


Figura N° 20: Incremento en la productividad

Fuente: Métodos, estándares y diseño del trabajo; Benjamín Niebel

Elaborado por: Investigador

Un ciclo de retroalimentación efectivo evalúa el desempeño del proceso, también evalúa la satisfacción del cliente y envía señales a quienes controlan las entradas y el proceso.

Criterios importantes para analizar la productividad

Existe una gran variedad de parámetros que afectan a la productividad del trabajo; en especial, los ingenieros industriales analizan los factores conocidos como las “M” mágicas, llamadas así porque todos los términos incluidos empiezan con esa letra.

Tabla N° 2: Factores 7 “M”

LAS 7 "M" MAGICAS		
1	Mano de obra	Personal
2	Maquinaria	Activos
3	Materiales	Directos e indirectos
4	Métodos	Sistemas y procedimientos
5	Medio ambiente	Clima organizacional
6	Mentalidad	Cultura organizacional
7	Moneda	Dinero o capital

Fuente: www.ingenieriametodos.blogspot.com

Elaborado por: Investigador

Factores que restringen la productividad

Existen varios factores que impiden desarrollar la productividad de una organización, como las que se menciona a continuación:

1. Mala orientación de los directivos para fijar el ambiente y crear el clima apropiado para el mejoramiento de la productividad.
2. Los efectos negativos que sobre la productividad tienen son las trabas reglamentaciones impuestas por los gobiernos.
3. El efecto negativo sobre el aumento de la productividad tiene que ver con el tamaño y la madurez de las organizaciones.
4. La incapacidad para medir y evaluar eficazmente la productividad.
5. El mal diseño de los procesos productivos y distribución de máquinas y equipos, son trabas que impiden incrementar los niveles de productividad.

Ciclo de la productividad

El ciclo de productividad refleja el mejoramiento de los procesos que deben estar precedidos por la medición, la evaluación y la planeación. Las cuatro etapas muy son importantes:

1. **Medición:** diseñar y desarrollar un método cuantitativo, medible basado en relaciones de entradas y salidas.
2. **Evaluación:** es una fase transitoria entre la medición y la planeación, estableciéndose métodos para analizar la productividad entre dos periodos presupuestados comparándolos con los periodos reales.
3. **Planeación:** proceso analítico que abarca un horizonte hacia el futuro donde se determinan objetivos cuantificables y el desarrollo de acciones para lograr dichos objetivos.
4. **Mejoramiento:** son acciones emprendidas por toda la organización basadas en la fase de planeación que buscan eliminar factores que incidan en la eficiencia y la eficacia de la productividad.

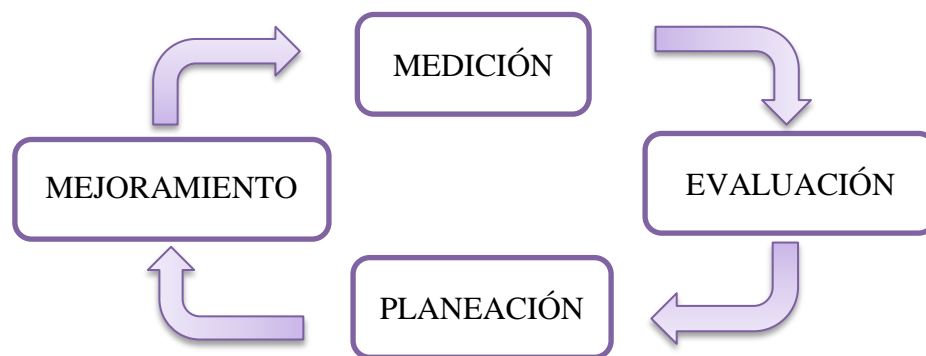


Figura N° 21: Ciclo de productividad

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

La productividad es una combinación de la eficacia y eficiencia, puesto que la efectividad está relacionada con el desempeño y la eficiencia en la utilización de los recursos.

Eficacia

Según Peter Drucker, menciona que:

Es la capacidad de escoger los objetivos apropiados. El administrador eficaz es aquel que selecciona las cosas correctas para realizarlas. La eficacia es la clave del éxito organizacional. Antes de centrarse en la eficiencia, o sea, en hacer las cosas bien (medios), se debe estar seguro cuales son las cosas apropiadas por hacer (objetivos y metas). La falta de eficacia no puede ser compensada con mucha eficiencia." De nada sirve crear un producto o un servicio con excelente calidad cuando no satisface las necesidades del cliente. (<http://www.uovirtual.com.mx/moodle/lecturas/marco/3.pdf>)

Para trabajar con eficacia, la organización sin importar su magnitud requiere de recursos: tecnológico, financiero, material, humano entre otros, los cuales deben obtenerse, desarrollarse y conservarse de manera correcta de no ser así, se puede convertir en grandes limitantes para la obtención de los resultados de la eficacia que se espera obtener. Eficacia significa hacer las cosas correctas.

Eficiencia

Según Stephen P. Robins y Mary Coulter, (2005) comentan que:

Es una parte vital de la administración que se refiere a la relación entre insumos y productos: Si se obtiene más producto con una cantidad dada de insumos, habrá incrementado la eficiencia y si logra obtener el mismo producto con menos insumos, habrá incrementado también la eficiencia, (p. 08).

La eficiencia se refiere a la relación entre los materiales y productos, si se puede obtener más productos con menor cantidad de materiales habrá incrementado la eficiencia. En virtud del manejo de los gerentes si trabajan con pocos recursos (personas, materia prima, capital y maquinas) les interesa usar en forma eficiente dichos recursos. Por lo tanto con la eficiencia se trata de minimizar los costos y obtener mayor producción.

Eficiencia: es el logro de las metas con la menor cantidad de recursos.

Ejemplo: si la producción es de 100 zapatos/hora, mientras que la producción estándar es de 130 zapatos/ hora la eficiencia es:

$$\text{Eficiencia} = \frac{100}{130} = 0,769 \text{ ó } 76,9\%$$

Efectividad

Según Manuel Fernández, (1997) dice que:

“Es la relación entre los resultados previstos y conseguidos en cada uno de los objetivos por separado”, (p. 40).

La efectividad es de vital importancia puesto que impulsa el desarrollo de las personas y organizaciones en un escenario de intensos cambios, crecientes desafíos y exigencias de mayor competitividad para lograr el cumplimiento de los objetivos planificados.

Recursos

Según la página Web Definiciones ABC (2004) menciona que:

Se denomina recursos a aquellos elementos que aportan algún tipo de beneficio a la sociedad. En economía, se llama recursos a aquellos factores que combinados son capaces de generar valor en la producción de bienes y servicios. Estos, desde una perspectiva económica clásica, son capital, tierra y trabajo, (<http://www.definicionabc.com/economia/recursos.php>).

Recurso humano

Según comenta Bayo y Merino, (2002):

Las personas que laboran en una empresa son uno de los activos más importantes de esta, así como uno de los factores determinantes en su progreso. Las cualidades, actitudes y comportamiento de los empleados, en conjunto con otros factores desempeñan un rol muy importante en la determinación del éxito de esta, (http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lhr/escamilla_a_m/capitulo2.pdf).

El recurso humano de una organización con o sin fines de lucro cuenta para desarrollar y ejecutar actividades, labores y tareas que deben realizarse y que han sido encomendadas a dichas personas.

Recurso financiero

Según José Luis luyo, (2013) dice que:

“Son los recursos propios de carácter económico y monetario que la empresa requiere para desarrollar sus actividades”, (p. 08).

El recurso financiero principalmente se utiliza para realizar operaciones de una empresa como la compra de materia prima, maquinaria, pago de sueldos y también para realizar inversiones.

Recursos materiales

Los recursos materiales son los bienes tangibles que la empresa puede utilizar para el logro de sus metas u objetivos, está formado por los elementos materiales que intervienen en el proceso productivo:

- Instalaciones: edificios, terrenos.
- Equipos: maquinaria, herramientas, vehículos.
- Materias primas: materias auxiliares que forman parte del producto en proceso, o producto terminado.

Recursos tecnológicos

Son aquellos que sirven como herramientas e instrumentos auxiliares en la coordinación de otros recursos, por lo tanto es un medio que utiliza la tecnología para cumplir con sus objetivos, los recursos tecnológicos pueden ser tangibles (como computadoras, impresoras) o a su vez intangible (como un sistema virtual).

Procesos productivos

Proceso productivo es el conjunto de elementos interactivos cuya finalidad es la obtención de un bien, producto o servicio. La producción es la fabricación de bienes tangibles necesarios para desarrollo de un país, las empresas, trabajadores y máquinas crean bienes materiales como vehículos, alimentos, vestimenta, etc. Para mejorar la comodidad y vida del ser humano.



Figura N° 22: Elementos de los procesos productivos

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Los elementos esenciales de todo proceso productivo son:

- **Factores o recursos:** en general, toda clase de bienes o servicios económicos empleados con fines productivos.
- **Las acciones:** ámbito en el que se combinan los factores en el proceso productivo.
- **Los resultados o productos:** en general es todo bien o servicio obtenido de un proceso productivo.

Costos

Los costos representan erogaciones y cargos asociados clara y directamente con la adquisición o la producción de los bienes o la prestación de servicios de los cuales un ente económico obtendrá sus ingresos.

Costos de producción

Según Camilo Ladino, (2008) comenta que:

Son los gastos necesarios para mantener un proyecto, línea de procesamiento o un equipo en funcionamiento. En una compañía estándar, la diferencia entre el ingreso (por ventas y otras entradas) y el costo de producción indica el beneficio bruto, (<http://es.slideshare.net/cahelaci/costos-de-produccion-459040>).

Hipótesis

El tiempo del proceso de calibración de termohigrómetros incide en la productividad del laboratorio de temperatura de Tecniprecisión Cía. Ltda.

Señalamiento de las variables

- **Variable Independiente:**
Tiempo del proceso de calibración de termohigrómetros.
- **Variable dependiente:**
Productividad.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

Enfoque de la modalidad

Cuantitativo

El presente proyecto de tesis tiene enfoque cuantitativo porque se manejan registros de las mediciones obtenidas en las calibraciones realizadas a termohigrómetros que han requerido este servicio en el laboratorio de temperatura lo que ayudará a cuantificar la productividad en esta área. Mediante la utilización de herramientas estadísticas se cuantificará la información y se desarrollará su análisis e interpretación de resultados obtenidos.

Cualitativo

La presente investigación de tesis tiene enfoque cualitativo porque se definen y describen las características que conforman el proceso de calibración de termohigrómetros, mediante la observación de sus operaciones se verificará la técnica, proceso, evaluación y obtención de resultados, los cuales ayudarán a determinar la productividad.

Modalidad de la Investigación

Investigación de campo

La información del problema se obtuvo del laboratorio de temperatura de la empresa Tecniprecisión, específicamente en el proceso de calibración de termohigrómetros, así como de las operaciones que se realizan en este proceso para determinar el error que tiene el instrumento con respecto a un patrón de referencia, con lo que se evidencia un mal manejo de dichas actividades.

Investigación bibliográfica documental

Esta investigación se basó en datos obtenidos de diversas fuentes bibliográficas como libros de metrología, tesis, páginas web referentes a calibración, manuales, procedimientos de calibración para termohigrómetros, la cual será evaluada, seleccionada y utilizada para el desarrollo de esta investigación.

Niveles o tipos de investigación

Exploratoria

Este nivel de investigación permitió conocer, indagar y formular una idea general de las causas del problema que afectan al proceso de calibración de termohigrómetros que se realiza en el laboratorio de temperatura para con ello plantear posibles mejoras a este proceso.

Descriptivo

La presente investigación descriptiva identifica las características del problema planteado de esta forma se describen los acontecimientos que han originado el problema en el proceso de calibración de termohigrómetros realizado en el laboratorio de temperatura, logrando de esta forma generar una interpretación correcta y objetiva del proceso.

Correlación

Se analiza el grado de correlación para determinar el grado de relación y semejanza que pueda existir entre dos o más variables. En esta investigación se determinan dos variables, la variable dependiente que corresponde a la productividad y la variable independiente al proceso de calibración de termohigrómetros pues se puede verificar que existe correlación entre estas dos variables puesto que si una modifica su estado esto afectará al resultado de la otra.

Población y Muestra

En la presente investigación la población es de 609 calibraciones realizadas a termohigrómetros en diez meses en el laboratorio de temperatura.

Tabla N° 3: Resumen de calibraciones realizadas a termohigrómetros

Año	Mes		Termohigrómetros calibrados
2015	1	Julio	72
	2	Agosto	77
	3	Septiembre	45
	4	Octubre	75
	5	Noviembre	47
	6	Diciembre	58
2016	7	Enero	61
	8	Febrero	69
	9	Marzo	56
	10	Abril	49
Total			609

Fuete: Propia

Elaborado por: Investigador

Muestra: para obtener el tamaño de la muestra se aplica la siguiente ecuación.

$$n = \frac{Z^2 * N * p * q}{N - 1 * e^2 + Z^2 * p * q} \quad (4)$$

Donde:

n= tamaño de la muestra

Z= nivel de confianza

N= población

e= error máximo de la estimación

p= probabilidad de éxito

q= probabilidad de fracaso

Datos:

Z= 1,96 con una confiabilidad del 95%

N= 609 calibraciones

e= 5%

p= 50%

q= 50%

$$n = \frac{(1,96)^2 * (609) * (0,5) * (0,5)}{609 - 1 * 0,05^2 + (1,96)^2 * (0,5) * (0,5)}$$

$$n = 235,80 \approx \mathbf{236}$$

Para una población total de 609 calibraciones y un margen de error de 5%, la muestra calculada arroja un valor de 236 calibraciones para ser analizadas.

Operacionalización de variables

Tabla N° 4: Variable Independiente: Tiempo del proceso

Conceptualización	Dimensión	Indicadores	Ítems básicos	Técnicas e instrumentos
El proceso de calibración de termohigrómetros consiste en comparar al (IBC) con un patrón de referencia en variables físicas como temperatura y humedad relativa para de esta manera obtener el error del (IBC).	<ul style="list-style-type: none"> -Tiempo - Cantidad de instrumentos calibrados 	Lote/ Tiempo	Cantidad de instrumentos calibrados en un determinado tiempo.	<ul style="list-style-type: none"> - Observación - Registro de datos

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Operacionalización de variables

Tabla N° 5: Variable dependiente: Productividad

Conceptualización	Dimensión	Indicadores	Ítems básicos	Técnicas e instrumentos
La productividad es la relación que existe entre los productos obtenidos y los recursos utilizados.	- Productividad	Proceso de calibración en unidad de tiempo (min, horas, etc.)	Eficiencia de la productividad en el proceso de calibración de termohigrómetros.	-Observación - Registro de datos

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Recolección de la información

La información se ha recopilado del proceso de calibración de termohigrómetros realizado en el laboratorio de temperatura de la empresa Tecniprecisión, los registros de dichas actividades son los protocolos de calibración obteniendo como evidencia 609 calibraciones realizadas en 10 meses y mediante el cálculo de la muestra está da un valor de 236 calibraciones para ser analizadas.

Procesamiento de la información

Con la información obtenida de los registros de calibración se podrá determinar en primera instancia el número de instrumentos cuya calibración ha resultado satisfactoria y en segunda instancia los instrumentos recalibrados, lo que ayudará a evaluar al proceso y con ello calcular la productividad real que tiene el laboratorio de temperatura.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Análisis de Resultados

Los datos que ha proporcionado el laboratorio de temperatura pertenecen al registro histórico de calibraciones de termohigrómetros establecidos por la aceptación o rechazo según sus resultados, mediante la observación se registra las mediciones del (IBC) y del patrón de referencia en las variables físicas de prueba (temperatura y humedad relativa) que es lo que se pretende automatizar.

Para el análisis de los datos recopilados de las calibraciones realizadas en el laboratorio de temperatura se utilizará control estadístico puesto que permitirá representar los resultados gráficamente de calibraciones satisfactorias y re calibraciones efectuadas a los (IBC), dando como resultado instrumentos dentro o fuera de tolerancia.

En la descripción del proceso, siempre se debe tener en cuenta la limpieza externa del (IBC), estabilización de temperatura, registro de valores medidos, el cambio de proceso de temperatura a humedad, colocación del estándar de humedad, estabilización de humedad relativa, registro de valores medidos, pues estos factores influyen en el proceso lo que genera una disminución en la ejecución de calibraciones, dando como resultado una baja productividad.

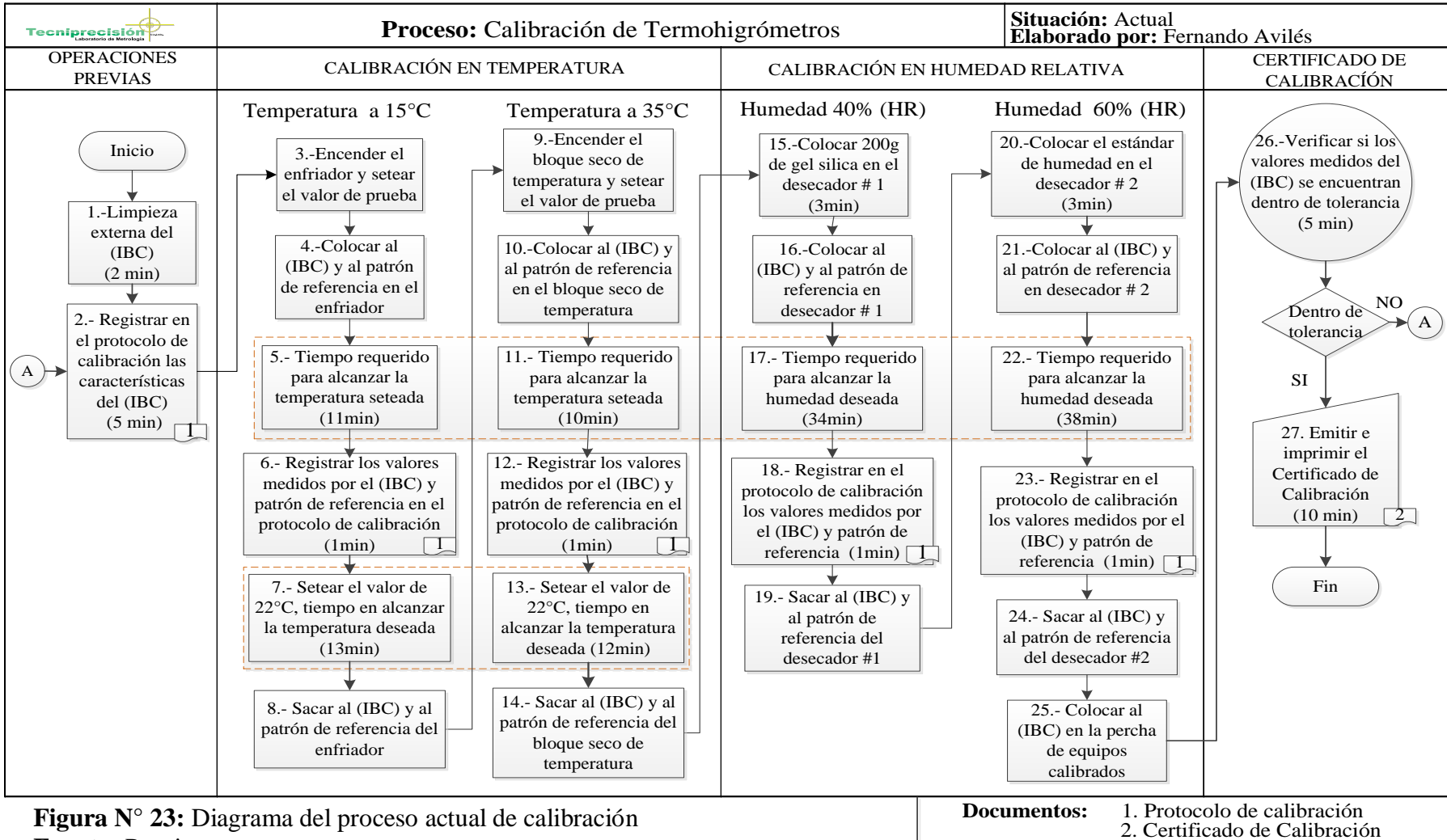


Figura N° 23: Diagrama del proceso actual de calibración

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Documentos: 1. Protocolo de calibración
2. Certificado de Calibración

Tabla N° 6: Tiempo actual del proceso de calibración de termohigrómetros

#	ACTIVIDADES	TIEMPO
Operaciones previas		
1	Limpieza externa del (IBC)	2 min
2	Registrar en el protocolo de calibración las características del (IBC)	5 min
Calibración en temperatura		
3	Encender el enfriador y setear el valor de prueba.	
4	Colocar al (IBC) y al patrón de referencia en el enfriador.	
5	Tiempo requerido para alcanzar la temperatura seteada.	11 min
6	Registrar los valores medidos por el (IBC) y patrón de referencia en el protocolo de calibración.	1 min
7	Setear el valor de 22°C, tiempo en alcanzar la temperatura deseada.	13 min
8	Sacar al (IBC) y al patrón de referencia del enfriador.	
9	Encender el bloque seco de temperatura y setear el valor de prueba.	
10	Colocar al (IBC) y al patrón de referencia en el bloque seco de temperatura.	
11	Tiempo requerido para alcanzar la temperatura seteada.	10 min
12	Registrar los valores medidos por el (IBC) y patrón de referencia en el protocolo de calibración.	1 min
13	Setear el valor de 22°C, tiempo en alcanzar la temperatura deseada.	12 min
14	Sacar al (IBC) y al patrón de referencia del bloque seco de temperatura.	
Calibración en humedad		
15	Colocar 200g de gel silica en el desecador # 1.	3 min
16	Colocar al (IBC) y al patrón de referencia en desecador # 1.	
17	Tiempo requerido para alcanzar la humedad deseada	34 min
18	Registrar en el protocolo de calibración los valores medidos por el (IBC) y patrón de referencia.	1 min
19	Sacar al (IBC) y al patrón de referencia del desecador #1.	
20	Colocar el estándar de humedad en el desecador # 2.	3 min
21	Colocar al (IBC) y al patrón de referencia en desecador # 2.	
22	Tiempo requerido para alcanzar la humedad deseada.	38 min
23	Registrar en el protocolo de calibración los valores medidos por el (IBC) y patrón de referencia.	1 min
24	Sacar al (IBC) y al patrón de referencia del desecador #2.	
25	Colocar al (IBC) en la percha de equipos calibrados.	
Certificado de calibración		
26	Verificar si los valores medidos del (IBC) se encuentran dentro de tolerancia.	5 min
27	Emitir e imprimir el Certificado de Calibración.	10 min
Tiempo total		150 min

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Tratamiento de datos

Se analizará los datos recopilados desde el mes de agosto hasta el mes noviembre de 2015 obteniendo un total de 236 termohigrómetros calibrados.

La capacidad del proceso de calibración es de 2 termohigrómetros en 150 minutos = (2,5 horas), ver anexo 1.

Agosto 2015

Termohigrómetros ingresados al laboratorio de temperatura en el mes de agosto total 67 en diferentes días para calibración.

La calibración de 67 termohigrómetros ha tomado un tiempo de:

$$t = \frac{67 \text{ termohigrometros} * 2,5 \text{ horas}}{2 \text{ termohigrometros por proceso}} = 83,7 \text{ horas}$$

De este lote han resultado 60 instrumentos con calibración satisfactoria y 7 instrumentos con resultados no aceptados.

A los 7 instrumentos se ha realizado una nueva recalibración dentro del mismo proceso, con lo cual se obtiene un tiempo adicional de:

$$t = 7 \text{ termohigrometros} * 2,5 \text{ horas} = 17,5 \text{ horas}$$

Obteniendo como resultado 4 instrumentos dentro de tolerancia y 3 instrumentos que superan la tolerancia del fabricante. A continuación se describen los datos en la siguiente tabla.

Tabla N° 7: Termohigrómetros calibrados agosto 2015

Año	Mes	Números de instrumentos ingresados al laboratorio	Instrumentos con calibración satisfactoria	Instrumentos con nueva recalibración	Instrumentos dentro de la tolerancia del fabricante	Instrumentos que superan la tolerancia del fabricante
2015	Agosto	67	60	7	4	3

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

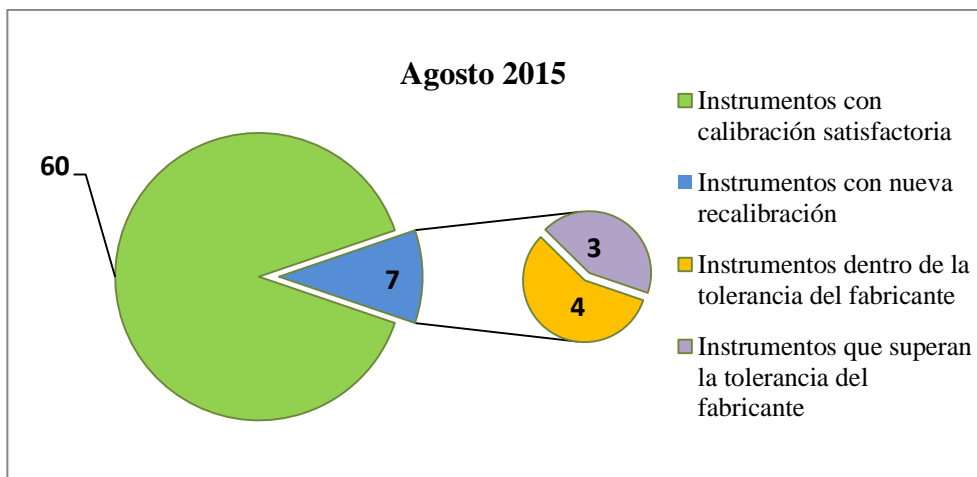


Figura N° 24: Calibraciones agosto 2015

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Tabla N° 8: Tiempo del proceso de calibración de termohigrómetros agosto 2015

Total instrumentos calibrados	Tiempo Horas X	Productividad Y
74	101,2	0,73

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

En el mes de agosto se determinó que el tiempo de calibración es de 101,2 horas, con una producción de 74 instrumentos calibrados y una productividad de 0,73, debido a la recalibración de 7 instrumentos más, lo cual refleja un bajo rendimiento del actual proceso de calibración.

Septiembre 2015

Termohigrómetros ingresados al laboratorio de temperatura en el mes de septiembre total 40 en diferentes días para calibración.

La calibración de 40 termohigrómetros ha tomado un tiempo de:

$$t = \frac{40 \text{ termohigrometros} * 2,5 \text{ horas}}{2 \text{ termohigrometros por proceso}} = 50 \text{ horas}$$

De este lote han resultado 35 instrumentos con calibración satisfactoria y 5 instrumentos con resultados no aceptados.

A los 5 instrumentos se ha realizado una nueva recalibración dentro del mismo proceso, con lo cual se obtiene un tiempo adicional de:

$$t = 5 \text{ termohigrometros} * 2,5 \text{ horas} = 12,5 \text{ horas}$$

Obteniendo como resultado 2 instrumentos dentro de tolerancia y 3 instrumentos que superan la tolerancia del fabricante. A continuación se describen los datos en la siguiente tabla

Tabla N° 9: Termohigrómetros calibrados septiembre 2015

Año	Mes	Números de instrumentos ingresados al laboratorio	Instrumentos con calibración satisfactoria	Instrumentos con nueva recalibración	Instrumentos dentro de la tolerancia del fabricante	Instrumentos que superan la tolerancia del fabricante
2015	Septiembre	40	35	5	2	3

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

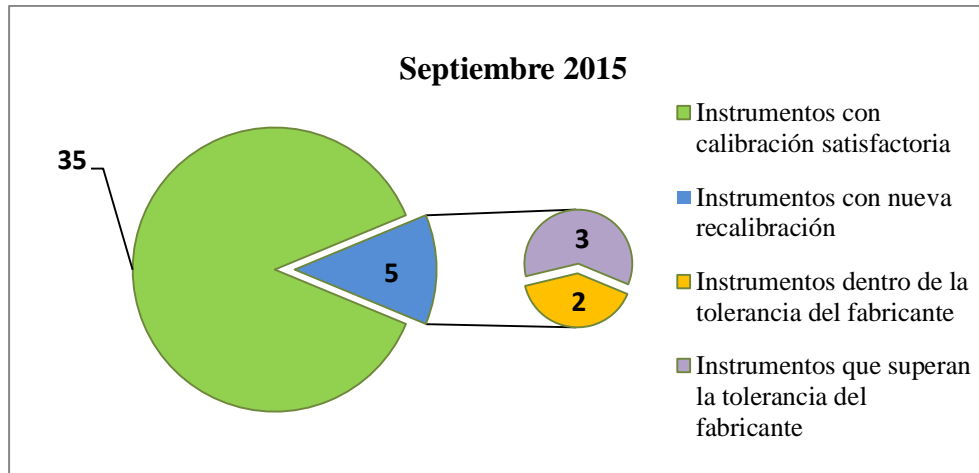


Figura N° 25: Calibraciones septiembre 2015

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Tabla N° 10: Tiempo del proceso de calibración de termohigrómetros septiembre 2015

Total instrumentos calibrados	Tiempo Horas X	Productividad Y
45	62,5	0,72

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

En el mes de septiembre se determinó que el tiempo de calibración es de 62,5 horas, con una producción de 45 instrumentos calibrados y una productividad de 0,72, debido a la recalibración de 5 instrumentos más, lo cual refleja un bajo rendimiento del actual proceso de calibración.

Octubre 2015

Termohigrómetros ingresados al laboratorio de temperatura en el mes de octubre total 63 en diferentes días para calibración.

La calibración de 63 termohigrómetros ha tomado un tiempo de:

$$t = \frac{63 \text{ termohigrometros} * 2,5 \text{ horas}}{2 \text{ termohigrometros por proceso}} = 78,7 \text{ horas}$$

De este lote han resultado 57 instrumentos con calibración satisfactoria y 6 instrumentos con resultados no aceptados.

A los 6 instrumentos se ha realizado una nueva recalibración dentro del mismo proceso, con lo cual se obtiene un tiempo adicional de:

$$t = 6 \text{ termohigrometros} * 2,5 \text{ horas} = 15 \text{ horas}$$

Obteniendo como resultado 4 instrumentos dentro de tolerancia y 2 instrumentos que superan la tolerancia del fabricante. A continuación se describen los datos en la siguiente tabla

Tabla N° 11: Termohigrómetros calibrados octubre 2015

Año	Mes	Números de instrumentos ingresados al laboratorio	Instrumentos con calibración satisfactoria	Instrumentos con nueva recalibración	Instrumentos dentro de la tolerancia del fabricante	Instrumentos que superan la tolerancia del fabricante
2015	Octubre	63	57	6	4	2

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

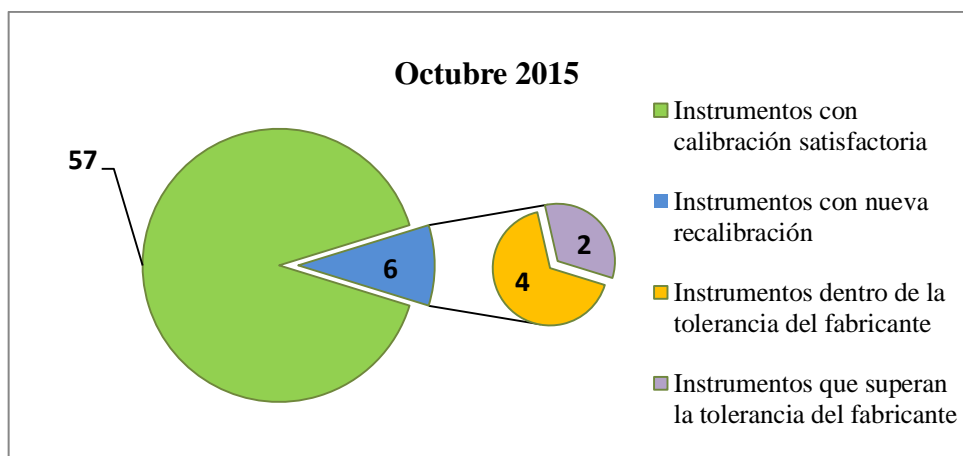


Figura N° 26: Calibraciones octubre 2015

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Tabla N° 12: Tiempo del proceso de calibración de termohigrómetros octubre 2015

Total instrumentos calibrados	Tiempo Horas X	Productividad Y
69	93,7	0,74

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

En el mes de octubre se determinó que el tiempo de calibración es de 93,7 horas, con una producción de 69 instrumentos calibrados y una productividad de 0,74, debido a la recalibración de 6 instrumentos más, lo cual refleja un bajo rendimiento del actual proceso de calibración.

Noviembre 2015

Termohigrómetros ingresados al laboratorio de temperatura en el mes de noviembre total 43 en diferentes días para calibración.

La calibración de 43 termohigrómetros ha tomado un tiempo de:

$$t = \frac{43 \text{ termohigrometros} * 2,5 \text{ horas}}{2 \text{ termohigrometros por proceso}} = 53,7 \text{ horas}$$

De este lote han resultado 43 instrumentos con calibración satisfactoria y 5 instrumentos con resultados no aceptados.

A los 5 instrumentos se ha realizado una nueva recalibración dentro del mismo proceso, con lo cual se obtiene un tiempo adicional de:

$$t = 5 \text{ termohigrometros} * 2,5 \text{ horas} = 12,5 \text{ horas}$$

Obteniendo como resultado 3 instrumentos dentro de tolerancia y 2 instrumentos que superan la tolerancia del fabricante. A continuación se describen los datos en la siguiente tabla

Tabla N° 13: Termohigrómetros calibrados noviembre 2015

Año	Mes	Números de instrumentos a calibrar	Instrumentos con calibración satisfactoria	Instrumentos recalibrados	Instrumentos dentro de tolerancia	Instrumentos que superan la tolerancia
2015	Noviembre	43	38	5	3	2

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

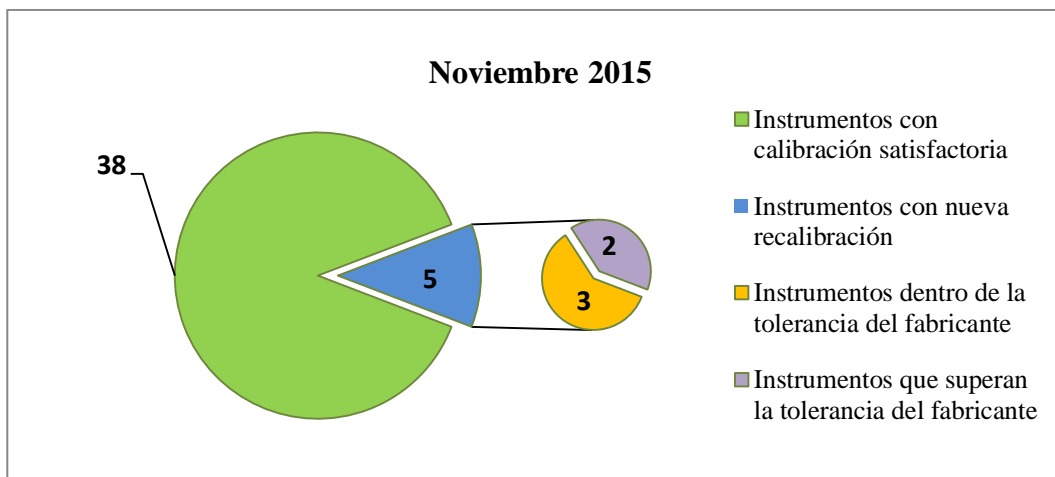


Figura N° 27: Calibraciones noviembre 2015

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Tabla N° 14: Tiempo del proceso de calibración de termohigrómetros noviembre 2015

Total instrumentos calibrados	Tiempo Horas X	Productividad Y
48	66,2	0,72

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

En el mes de noviembre se determinó que el tiempo de calibración es de 66,2 horas, con una producción de 48 instrumentos calibrados y una productividad de 0,72, debido a la recalibración de 5 instrumentos más, lo cual refleja un bajo rendimiento del actual proceso de calibración.

Interpretación de Datos

Con un número de 236 termohigrómetros ingresados al laboratorio de temperatura para su calibración, se determinó que 190 instrumentos obtuvieron calibración satisfactoria y 23 instrumentos fueron recalibrados incrementándose los tiempos del proceso, de esta recalibración resultaron 13 instrumentos dentro de tolerancia y 10 fuera de la misma, los datos fueron obtenidos del laboratorio de temperatura de Tecniprecisión.

Los datos obtenidos de las calibraciones y la observación de las actividades ejecutadas en el proceso de calibración han permitido identificar que el laboratorio no controla condiciones ambientales y al variar estas afectan principalmente el proceso de calibración en la variable humedad al transferir calor al desecador, además que los equipos para calibración en temperatura no están diseñados para realizar dicha actividad lo que conlleva a elevados tiempos en cada proceso (temperatura y humedad), obteniendo un bajo rendimiento en la productividad del laboratorio lo cual constituye el propósito de esta investigación, ver anexo 2.

Diagrama de dispersión.- Se utiliza para estudiar la relación de correspondencia de dos variables, se estudia pares de datos (x, y) las dos variables que se va analizar son el tiempo(x) y la productividad (y).

Tabla N° 15: Dispersión de la productividad

Tiempo Horas	Productividad
x	y
101,2	0,73
62,5	0,72
93,7	0,74
66,2	0,72
80,9	0,73

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Los datos obtenidos son tomados de las tablas N° 8, 10, 12 y 14.

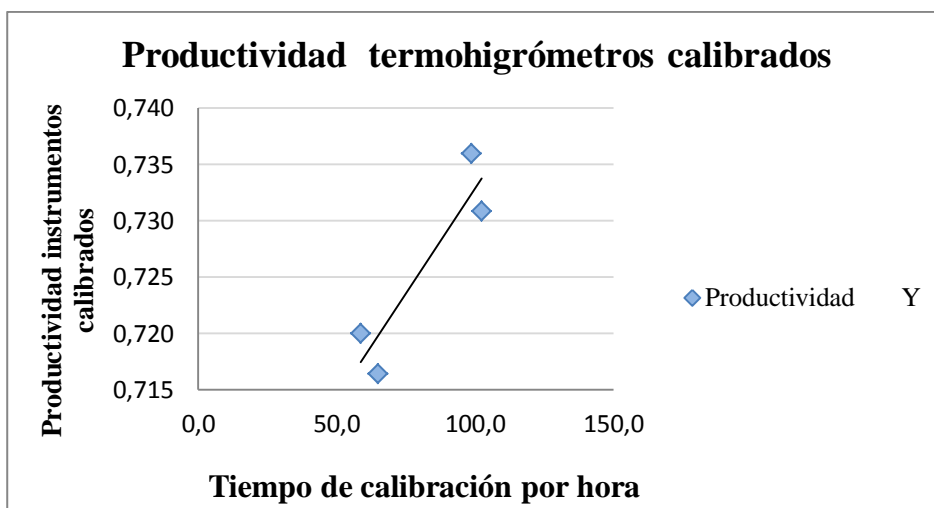


Figura N° 28: Tiempo de calibración de termohigrómetros

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Verificación de hipótesis

Con el análisis de los datos obtenidos en el proceso de calibración de termohigrómetros se pretende determinar la incidencia que tiene el proceso de calibración de termohigrómetros en la productividad de la empresa Tecniprecisión Cía. Ltda.

Para estimar la correlación entre las variables dependiente e independiente, se utilizará el método de los mínimos cuadrados, cuyo concepto se sustenta en que permite aproximar a una recta los puntos tomados del proceso de calibración de termohigrómetros, esta aproximación se verifica a través del valor de R.

El coeficiente de correlación ayuda a comprender la relación o el grado de asociación en términos cuantitativos de dos variables.

Valor = 0 indica que no existe correlación entre las variables.

Valor = +1 indica correlación perfecta positiva

Valor = -1 indica correlación perfecta negativa

Para aplicar este método se hace una representación de la siguiente forma:

$$S = (Y - Y_c)^2 \quad (1)$$

$$Y_c = a * x + b \quad (2)$$

$$S = (Y - a * x - b)^2 \quad (3)$$

El método de los mínimos cuadrados realiza una derivación de la ecuación (3) con respecto a los los valores de **a** y **b**.

Esta división da como resultado:

$$\frac{\partial S}{\partial a} = 0 = -2 (Y - a * x - b) \quad (4)$$

$$\frac{\partial S}{\partial b} = 0 = -2 (Y - a * x - b) \quad (5)$$

Resolviendo las dos ecuaciones precedentes, se tiene:

$$a \ x^2 + b \ x = x * y \quad (6)$$

$$a \ x + n * b = y \quad (7)$$

Donde los sumatorios se obtienen al realizar las operaciones respectivas en cada columna y el valor de n corresponde al número de datos que contiene la tabla, como se expondrá oportunamente.

Los valores de a y b se obtienen luego de resolver las ecuaciones (6) y (7).

Tabla N° 16: Cálculo de sumatorios

n	Meses	Tiempo Horas X	Productividad Y	x ²	x * Y	Yc	(Y-Yc) ²	(Y-Ym) ²
1	Agosto	101	0,73	10251,56	74,00	0,731025	2,586E-08	2,544E-05
2	Septiembre	63	0,72	3906,25	45,00	0,720950	9,025E-07	3,388E-05
3	Octubre	94	0,74	8789,06	69,00	0,729075	4,796E-05	1,036E-04
4	Noviembre	66	0,72	4489,00	48,00	0,722120	3,251E-05	8,841E-05
		$\Sigma x = 324,50$	$\Sigma y = 2,903$	$\Sigma x^2 = 27436$	$\Sigma x * y = 236,0$	$\Sigma y_c = 2,90317$	$\Sigma (Y - Y_c)^2 = 8,1E-05$	$\Sigma (Y - Y_m)^2 = 2,51E-04$

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

La ecuación a resolver queda como sigue:

$$27436 * a + 324,50 * b = 236 \quad (8)$$

$$324,50 * a + 4 * b = 2,903 \quad (9)$$

Que resolviendo, se obtienen los siguientes valores:

$$a = 0,00045$$

$$b = 0,6896$$

Con esto la ecuación final queda:

$$Yc = 0,00045 * X + 0,6896 \quad (10)$$

Que al remplazar por los valores X y Y de la tabla 28, se puede ver en la columna respectiva los valores que se requieren para calcular el valor de R, cuya ecuación es:

$$R = \sqrt{1 - \frac{(Y - Yc)^2}{(Y - Ym)^2}} \quad (11)$$

Que reemplazando los valores respectivos tomados de la tabla 28, da como resultado un valor de:

$$R = 0,82$$

La hipótesis tiene una correlación directamente proporcional con R= 0,82, dando validez que la productividad que mantiene el laboratorio de temperatura se relaciona con el tiempo del proceso de calibración de termohigrómetros.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- El tiempo total empleado en la calibración de 2 termohigrómetros es de 150 minutos equivalente a 2,5 horas, donde varias actividades ejecutadas en el proceso suman un tiempo de 32 minutos, los tiempos de calibración en temperatura de 15°C y 35°C es de 46 minutos, la calibración en humedad relativa de 40%HR y 60%HR es de 72 minutos, lo que demuestra que este último proceso es el que mayor tiempo toma en ejecutarse.
- Se ha verificado que el laboratorio no controla condiciones ambientales las cuales afectan el proceso de calibración en la variable humedad puesto que al variar la temperatura del laboratorio está afecta al valor estándar de humedad dando como resultado errores en las mediciones del (IBC) y patrón de referencia, incumpliendo con el requisito de norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 numeral 5.3.1, (anexo 3).
- En el análisis de los cuadros estadísticos se puede verificar que la recalibración de termohigrómetros es mayor o igual a 5 instrumentos por mes, para la calibración de termohigrómetros es necesario un tiempo promedio de 1,38 horas, mientras que para la recalibración de termohigrómetros se necesita un tiempo promedio de 3,88 horas con un incremento promedio del 281%, afectando directamente a la productividad del laboratorio de temperatura. Ver tabla N° 37 (anexo 4).

Recomendaciones

- Cambiar los equipos utilizados en la calibración de termohigrómetros por equipos que estén diseñados para realizar dicha actividad de forma óptima, puesto que los actuales mantienen elevados tiempos de calibración especialmente en la variable humedad de tal manera que al reducir el tiempo de estos procesos se obtendrá un mayor número de instrumentos calibrados.
- Instalar un sistema de climatización en el laboratorio de temperatura, para de esta forma cumplir con el requisito de norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 numeral 5.3.1 y evitar que la variación de temperatura afecte el proceso de calibración y con ello el laboratorio garantice la confiabilidad de las calibraciones realizadas.
- Se recomienda realizar un diseño y la implementación de una cámara que genere variación de temperatura y humedad controlada para calibración de termohigrómetros, con mayor capacidad interna y su proceso de calibración sea en menor tiempo, la cual es necesaria para incrementar la productividad del laboratorio como punto principal de esta investigación, de ahí vendrán ventajas como eliminar la recalibración de termohigrómetros, uso del estándar de humedad y gel silica evitando gastos adicionales para la empresa.

CAPÍTULO V

LA PROPUESTA

Tema

“Diseño de una cámara para generar variación de temperatura y humedad controlada para calibración de termohigrómetros.”

Datos Informativos

La empresa TECNIPRECISIÓN CÍA. LTDA., se encuentra ubicada, en la Provincia de Pichincha Cantón de Quito, Parroquia de Carcelén, en la Av. Galo Plaza Lasso N65-95 y Bellavista Edificio Morb.

Objetivos de la Propuesta

Objetivo General

Diseñar una cámara para generar cambios de temperatura y humedad controlada para calibración de termohigrómetros y de esta forma aumentar la productividad de la empresa.

Objetivos específicos

- Investigar y analizar el funcionamiento de una cámara climatizada.
- Automatizar la cámara generadora de cambios temperatura y humedad mediante la aplicación de un PLC.
- Realizar un análisis financiero de la posible implementación de la cámara generadora de cambios de temperatura y humedad controlada, para el laboratorio de temperatura.

Justificación

Una vez realizado el análisis de los resultados se evidencia que los datos obtenidos en el proceso de calibración son preocupantes pues el tiempo tomado en la recalibración de termohigrómetros perjudica a los intereses de la empresa, para lo cual se propone diseñar una cámara que genere cambios de temperatura y humedad controlada la cual permita disminuir los tiempos y recursos empleados en esta actividad.

El resultado final de esta investigación viene a ser una cámara controlada que puede ser fabricada localmente con mano de obra ecuatoriana cuyo ahorro de tiempo y recursos permitirá que la empresa genere mayores ingresos y con ello aumente su competitividad en el mercado local, además que cumplirá con los requisitos que demanda un procedimiento estandarizado de calibración para laboratorios de metrología, según lo indica el anexo 5.

Con la implementación de la cámara que genere cambios de temperatura y humedad controlada, se eliminará la recalibración de termohigrómetros, se reducirá el tiempo de entrega de los instrumentos calibrados y se dejara de utilizar el estándar de humedad y gel silica. Dicha implementación permitirá obtener resultados de calidad y sobre todo el sistema de la cámara estará diseñado para realizar la calibración de termohigrómetros.

Otra expectativa de esta propuesta es que sirva de motivación para técnicos o analistas de laboratorio que deseen implementar mejoras en laboratorios de metrología concernientes a procesos de calibración.

Factibilidad

El laboratorio de temperatura de la empresa Tecniprecisión Cía. Ltda., ha facilitado la información para realizar el análisis de la situación actual del proceso de calibración de termohigrómetros, así como la revisión de sus registros de calibración, los recursos empleados, el tiempo empleado en una calibración, la

apertura de los técnicos encargados ha sido total para brindar las facilidades en la recopilación de todo tipo de información. Para determinar la factibilidad de la propuesta se analizará las siguientes perspectivas: tecnológica, organizacional, financiera, ambiental y legal.

Tecnológica

Se cuenta con tecnología para efectuar el diseño de una cámara que genere cambios de temperatura y humedad controlada, pues el proceso para llevar a cabo una construcción y/o ensamble de estos equipos requiere personal calificado que actualmente si se dispone en el mercado local.

Para el diseño de una cámara que genere cambios de temperatura y humedad controlada se requiere tener conocimientos en metrología, instrumentación, electrónica y automatización para obtener un diseño práctico a un costo conveniente.

Mediante la aplicación tecnológica se ejecutará el diseño de la cámara con lo cual se procura cumplir con las expectativas propuestas y los requisitos de la norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 para laboratorios de calibración, puesto que esta debe garantizar que los equipos, patrones y métodos empleados sean confiables y técnicamente válidos para acreditar una magnitud.

Organizacional

Con la implementación de la cámara que genere cambios de temperatura y humedad controlada para calibración de termohigrómetros se espera obtener un mayor rendimiento y desempeño en este proceso, los técnicos del laboratorio de temperatura lo consideran como un proyecto positivo y competitivo lo que permitirá al laboratorio incrementar el número de calibraciones satisfactorias y eliminar la recalibración por ineficiencia del actual proceso.

Con este proyecto se pretende cumplir con los parámetros que exige un laboratorio de metrología debidamente equipado, que a pesar de representar una inversión inicial, va a representar a futuro un gran beneficio para lograr cumplir los objetivos propuestos que es acreditar esta magnitud.

Económica o Financiero

Este proyecto constituye una inversión de tipo metrológica por lo que se realizará un análisis financiero (los proyectos de tipo social requieren análisis económico).

El análisis financiero se efectuará cuando el diseño de la cámara que genere cambios de temperatura y humedad controlada se encuentre terminado, el costo que representará su posible implementación, puesta en marcha, y demás factores que incidan en el flujo neto de caja servirá para aplicar herramientas financieras y verificar su rentabilidad.

Se menciona también el ahorro que generará para la empresa al momento de implementar un equipo semiautomático de calibración en el laboratorio de temperatura, puesto que el proceso de calibración de termohigrómetros mejorará en tiempo y recursos, aumentando la productividad en esta área.

Ambiental

Este tema aplica en este proyecto puesto que la utilización del material de referencia contenido en una ampolla de vidrio (estándar de humedad) se dejaría de utilizar, esto debido a la generación controlada de humedad de la cámara que evitará el consumo de este producto, ver anexo 5.

La cámara generadora de temperatura y humedad relativa no producirá un impacto al medio ambiente en el caso de que este sea ejecutado ya que el equipo generará temperaturas no mayores a 30°C y una humedad no mayor al 70%HR, de igual forma tendrá un bajo consumo energético por la composición de sus elementos electrónicos.

Esta posible implementación constituye una ventaja importante para evitar el consumo y contaminación por ampollas de vidrio que contiene el estándar de humedad puesto que la degradación de este material tarda varios años en desaparecer ayudando de esta forma a preservar el medio ambiente.

Legal

El Código Orgánico de la Producción, Comercio e Inversiones, en lo que se refiere al libro II, dice que:

LIBRO II DEL DESARROLLO DE LA INVERSIÓN PRODUCTIVA Y DE SUS INSTRUMENTOS

TÍTULO I

Del Fomento, Promoción y Regulación de las Inversiones Productivas

Capítulo I

De las Inversiones Productivas

Art. 13.- Definiciones.- Para efectos de la presente normativa, se tendrán las siguientes definiciones:

- a) **Inversión productiva.-**Entiéndase que por inversión productiva, independientemente de los tipos de propiedad, al flujo de recursos destinados a producir bienes y servicios, a ampliar la capacidad productiva y a generar fuentes de trabajo en la economía nacional;
- b) **Inversión nueva.-** Para la aplicación de los incentivos previstos para las inversiones nuevas, entiéndase como tal al flujo de recursos destinado a incrementar el acervo de capital de la economía, mediante una inversión efectiva en activos productivos que permita ampliar la capacidad productiva futura, generar un mayor nivel de producción de bienes y servicios, o generar nuevas fuentes de trabajo, en los términos

que se prevén en el reglamento. El mero cambio de propiedad de activos productivos que ya se encuentran en funcionamiento así como los créditos para adquirir estos activos, no implica inversión nueva para efectos de este Código.

- c) **Inversión extranjera.**- La inversión que es de propiedad o que se encuentra controlada por personas naturales o jurídicas extranjeras domiciliadas en el extranjero, o que implique capital que no se hubiere generado en el Ecuador.
- d) **Inversión nacional.**- La inversión que es de propiedad o que se encuentra controlada por personas naturales o jurídicas ecuatorianas, o por extranjeros residentes en el Ecuador, salvo que demuestren que se trate de capital no generado en el Ecuador; y,
- e) **Inversionista nacional.**- La persona natural o jurídica ecuatoriana, propietaria o que ejerce control de una inversión realizada en territorio ecuatoriano. También se incluyen en este concepto, las personas naturales o jurídicas o entidades de los sectores cooperativistas, asociativos y comunitarios ecuatorianos, propietarios o que ejercen control de una inversión realizada en territorio ecuatoriano. Las personas naturales ecuatorianas que gocen de doble nacionalidad, o los extranjeros residentes en el país para los efectos de este Código se considerarán como inversionistas nacionales. No se considerará como inversión extranjera, aquella realizada por una empresa nacional o extranjera, cuyas acciones, participaciones, propiedad o control, total o mayoritario, le pertenezca a una persona natural o sociedad ecuatoriana.

Art. 14.- Aplicación.- Las nuevas inversiones no requerirán de autorizaciones de ninguna naturaleza, salvo aquellas que expresamente señale la ley y las que se deriven del ordenamiento territorial correspondiente; debiendo cumplir con los requisitos que exige esta normativa para beneficiarse de los incentivos que aquí se establecen.

Los beneficios del presente Código no se aplicarán a aquellas inversiones de personas naturales o jurídicas extranjeras domiciliadas en paraísos fiscales. El reglamento regulará los parámetros de aplicación de los incentivos a todos los sectores que lo soliciten.

Los beneficios y garantías reconocidos por este Código se aplicarán sin perjuicio de lo establecido en la Constitución de la República y en otras leyes, así como en los acuerdos internacionales debidamente ratificados por Ecuador.

Art. 15.- Órgano Competente.- El Consejo Sectorial de la Producción será el máximo órgano de rectoría gubernamental en materia de inversiones.

Art. 16.- Modalidades de inversión.- Las modalidades de inversión y sus excepciones se establecerán en el Reglamento a esta normativa.

La constitución de la República del Ecuador en su artículo Art. 284. Menciona:

Art. 284.- La política económica tendrá los siguientes objetivos:

Incentivar la producción Nacional, la productividad y competitividad sistemáticas, la acumulación del conocimiento científico y tecnológico, la inserción estratégica en la economía mundial y las actividades productivas complementarias en la integración regional. (<http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2014/02/1-Codigo-Organico-de-la-Produccion-Comercio-e-Inversiones-pag-37.pdf>)

Científico - Técnica

Para llevar a cabo la propuesta se dispone de conocimientos técnicos y científicos lo cual contribuirá a la elaboración del diseño y la selección de componentes electrónicos, que conformarán parte de la cámara que genere cambios de temperatura y humedad controlada, lo que garantizará la correcta funcionalidad del equipo de llevarse a cabo dicha implementación.

Metodología

Planeación y programación

La planificación del proyecto se realizará en el software Excel puesto que esté ayudará a cumplir con la secuencia planificada de las actividades y el seguimiento a cada una de ellas.

La planificación esta relacionada con las actividades para que se desarrollen de forma secuencial y cumplir con los tiempos estipulados de ejecución. La planificación permitirá indicar la relación de una y otra actividad de forma continua y posterior esto ayudará a estimar tiempo y costos para establecer la línea crítica del proyecto.

Definición de Actividades

Tabla N° 17: Definición de Actividades

N°	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDAD	PREDECESORAS
1	Investigación sobre el funcionamiento de una cámara climatizada.	A	-
2	Análisis de alternativas y selección de vitrina refrigerada.	B	A
3	Análisis de alternativas y selección de equipos generadores de humedad relativa y temperatura.	C	B
4	Análisis de alternativas y selección de sensores de temperatura y humedad relativa.	D	B
5	Diseño del control eléctrico mediante PLC.	E	C,D
6	Realizar el plano de la cámara y componentes que la conforman.	F	E
7	Cotizar equipos y elementos que conformarán la cámara.	G	F
8	Realizar análisis financiero del proyecto.	H	G
9	Transcripción de texto.	I	I

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Tabla N° 18: Determinación del tiempo esperado

N°	DESCRIPCIÓN	ACTIVIDAD	PREDECESORAS	TIEMPO OPTIMISTA (Días)	TIEMPO PROBABLE (Días)	TIEMPO PESIMISTA (Días)	TIEMPO ESPERADO (Días)
1	Investigación sobre el funcionamiento de una cámara climatizada.	A	-	9	11	7	10
2	Análisis de alternativas y selección de vitrina refrigerada.	B	A	5	12	8	10
3	Análisis de alternativas y selección de equipos generadores de humedad relativa y temperatura.	C	B	4	8	12	8
4	Análisis de alternativas y selección de sensores de temperatura y humedad relativa.	D	B	3	6	9	6
5	Diseño del control eléctrico mediante PLC.	E	C,D	8	11	14	11
6	Realizar el plano de la cámara y componentes que la conforman.	F	E	6	12	15	12
7	Cotizar equipos y elementos que conformarán la cámara.	G	F	12	20	25	20
8	Realizar análisis financiero del proyecto.	H	G	2	4	6	4
9	Transcripción de texto.	I	I	2	5	8	5

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Cálculo del tiempo estimado

$$t_e = \frac{t_o + 4 t_m + t_p}{6} \quad (5)$$

Donde:

te= tiempo esperado

to= tiempo optimista

tm=tiempo más probable

tp=tiempo pesimista

$$t_e = \frac{9+4 \cdot 11 +7}{6} = 10 \text{ días}$$

Tabla N° 19: Estipulación de tiempos

ACTIVIDAD	INICIO	DURACIÓN (días)	FIN
A	01/03/2016	10	10/03/2016
B	11/03/2016	10	20/03/2016
C	21/03/2016	8	28/03/2016
D	29/03/2016	6	03/04/2016
E	04/04/2016	11	14/04/2016
F	15/04/2016	12	26/04/2016
G	27/04/2016	20	16/05/2016
H	17/05/2016	4	20/05/2016
I	21/05/2016	5	25/05/2016

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

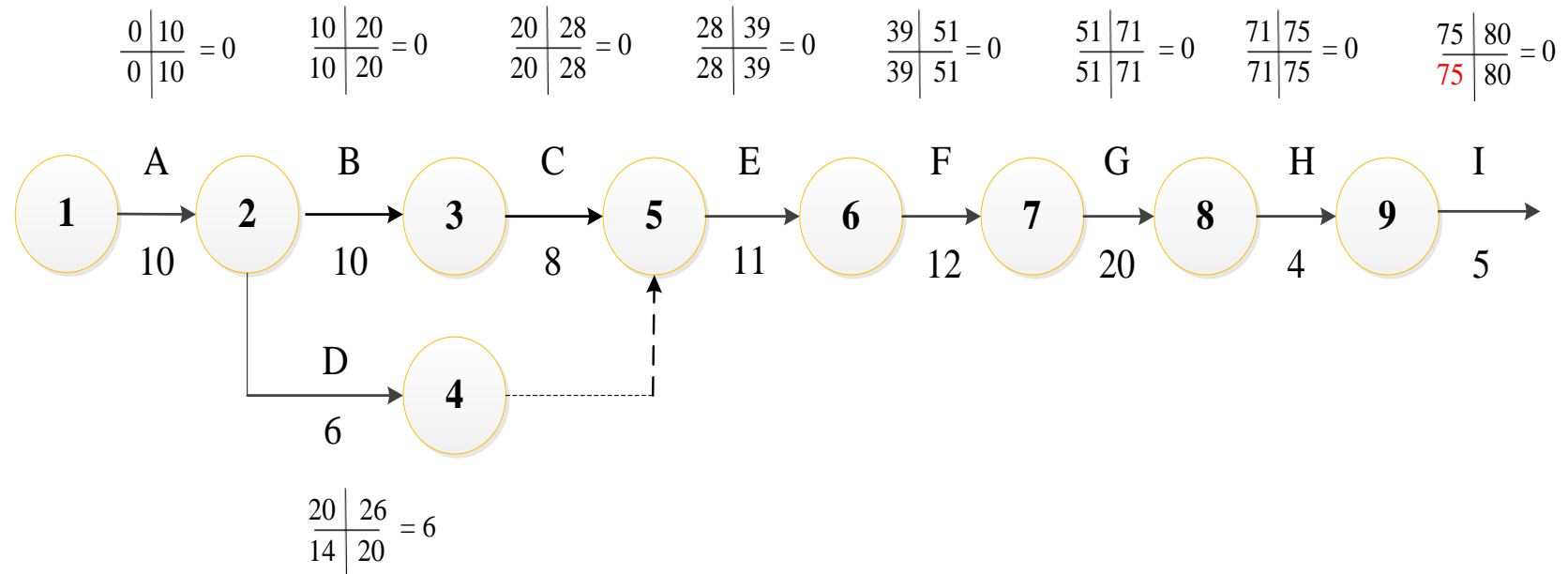


Figura N° 30: Determinación de la Ruta Crítica

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Determinación de la Ruta Crítica

Para realizar el cálculo de la ruta crítica se utilizan los datos de los tiempos de ejecución de cada actividad y con la aplicación de una metodología que se adapta a las condiciones definidas para este proyecto se determina que la ruta crítica es: A-B-C-E-F-G-H-I, esta ruta es por donde más tiempo se demora el proyecto. Según se puede observar en la figura N° 30.

Según la ruta crítica el tiempo que se demora este proyecto en ejecutarse es de 75 días.

Cámara climatizada

Son equipos que simulan temperatura y/o humedad en diferentes rangos de operación, las cuales son usadas para realizar estudios de alimentos, estudios de estabilidad en medicamentos, estudios del medio ambiente, metrología y para usos generales de laboratorio donde se requiera un ambiente de temperatura y humedad controlado.



Figura N° 31: Cámara climatizada

Fuente: www.memmert.com

Elaborado por: Investigador

Funcionamiento

El principio de funcionamiento está basado en un efectivo sistema de refrigeración y calefacción situado en la estructura interna de la cámara. El sistema de deshumidificación y humidificación se ha logrado mediante la innovación ultrasónica de tecnología Peltier, la integración de sensores de alta precisión garantizan condiciones homogéneas de los efectos climáticos deseados.

La cámara de clima constante funciona a la perfección durante años con un adecuado mantenimiento. El proceso de refrigeración y calefacción así como los procesos de humidificación y deshumidificación mantienen una estabilidad constante de estas variables ideales para ensayos químico- físico o de calibración.

El sistema de calefacción es determinante para evitar la formación de condensación cuando se realizan ensayos a una humedad elevada, la eficiente distribución de temperatura se lo consigue mediante el sistema de recirculación de aire el cual se encarga de mantener una atmosfera homogénea en el interior de la cámara.

El sistema de refrigeración de la cámara está conformado por un compresor de gran eficiencia consiguiendo obtener una temperatura de 8°C.

El sistema de humidificación y deshumidificación de la cámara abarca desde la física de la construcción de sus componentes hasta la investigación ambiental puesto que se han utilizado equipos con la más alta tecnología así como su sensor de gran precisión.

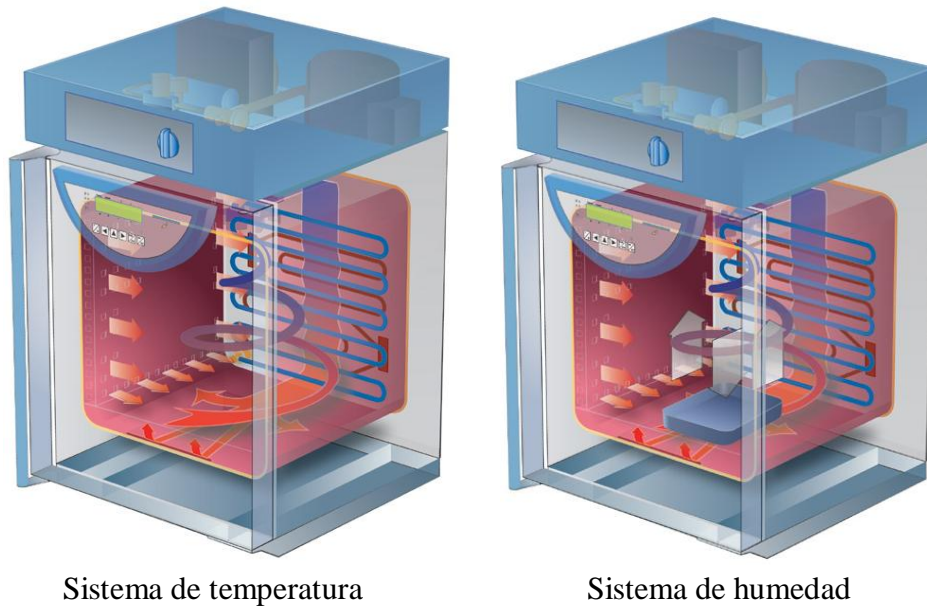


Figura N° 32: Funcionamiento cámara climatizada

Fuente: www.mmm-medcenter.de/es/incubadores-de-laboratorio

Elaborado por: Investigador

Características técnicas

- Estructura exterior metálica
- Estructura interior aleación de materiales plásticos
- Puerta de vidrio templado para observar directamente las pruebas
- Control digital de temperatura y humedad relativa
- Rango de temperatura de 8°C a 48°C
- Precisión en temperatura 0,1°C
- Rango en humedad 10 % a 90 % HR
- Precisión en humedad 1,5% HR.
- Refrigeración mediante compresor con sistema de control
- Calefacción mediante resistencias eléctricas
- Humidificador ultrasónico con sistema de control
- Deshumidificador con sistema de control
- Lámpara led de luz blanca fría
- Fácil operación y mantenimiento

Análisis de alternativas

Tipos de vitrinas refrigeradas

En la actualidad hay varios tipos de vitrinas refrigeradas para diferentes necesidades utilizadas para conservación en frío de productos como gaseosas, helados, lácteos que son visibles para el usuario.

Vitrina refrigerada vertical

Este tipo de vitrina refrigerada se utiliza principalmente para exhibir gaseosas, licores, entre otros productos que necesitan estar refrigerados para su conservación y el usuario puede elegir entre uno de ellos. Este equipo tiene el mismo principio de funcionamiento de un refrigerador común, la principal cualidad que la diferencia de los demás es su puerta panorámica fabricada en vidrio templado al igual que la capacidad interna.



Figura N° 33: Refrigerador tipo vitrina vertical

Fuente: www.almacenesfamiliar.com

Elaborado por: Investigador

Características

- Marca: Indurama
- Modelo: VFV-400
- Potencia: 395 watts / 1347 BTU/h
- Voltaje: 120 V – 60Hz
- Capacidad: 286 L (útil)
- Alto: 162 cm
- Ancho: 62 cm
- Fondo: 55 cm
- Peso: 70 kg
- Puerta panorámica de vidrio templado
- Luz led
- Temperatura uniforme en la circulación de aire
- Parrillas ajustables cubiertas de vinilo anti corrosión
- Rango: 0°C a 10°C
- Sistema no frost

Vitrina refrigerada horizontal

Esta vitrina refrigerada se utiliza principalmente para exhibir pequeños productos como gaseosas, bebidas energizantes, etc. Este equipo tiene el mismo principio de funcionamiento de un refrigerador común, cuenta con puertas panorámicas fabricadas en vidrio templado.



Figura N° 34: Vitrina refrigerada horizontal

Fuente: www.alessienriquez.com

Elaborado por: Investigador

Características

- Marca: Frigidaire
- Modelo: FFC092W
- Potencia: 517 W / 1764 BTU/h
- Voltaje: 120VAC-60Hz
- Capacidad: 305 L
- Alto: 90 cm
- Ancho: 152 cm
- Fondo: 43 cm
- Doble puerta panorámica de cristal.
- Peso: 73 kg
- Manija plástica
- Lámpara fluorescente
- Temperatura uniforme en la circulación de aire
- Control digital de temperatura
- Rango: 4°C a 8°C
- Sistema no frost

Principio de funcionamiento

Este equipo tiene las mismas características de funcionamiento de un refrigerador convencional. Comúnmente la transferencia de calor se efectúa de un cuerpo de mayor temperatura a uno de menor temperatura o vice versa. Estos equipos poseen un refrigerante líquido que circula por una cañería que se encuentra en contacto con las paredes internas del refrigerador, el refrigerante líquido se encuentra a menor temperatura que los productos inicialmente ingresados al refrigerador, por lo que absorbe su energía térmica y reduce la temperatura en el interior del refrigerador para la conservación de los productos.

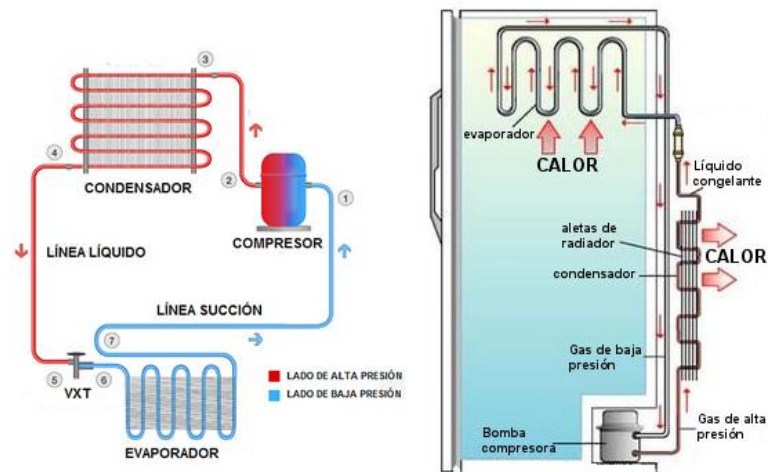


Figura N° 35: Proceso de refrigeración

Fuente: <https://blogquimobasicos.com/2014/08/14/subenfriamiento/>

Elaborado por: Investigador

El refrigerante líquido pasa a estado gaseoso y a continuación pasa por el compresor el cual comprime al gas elevando así la presión y por ende su temperatura (los gases a mayor presión aumentan su temperatura). El gas de alta presión pasa por un radiador que permite que la atmósfera absorba el calor del gas circulante, condensándolo y volviéndolo líquido. Este proceso es continuo se repite indefinidamente mientras el refrigerador se encuentre encendido.

Matriz de alternativas

La matriz de alternativas sirve para establecer prioridades planteadas para llevar a cabo una mejora, una adquisición, etc. Con el fin de alcanzar un objetivo determinado, logrando así conseguir una acertada alternativa.

Para la elaboración de esta matriz se realiza una lluvia de ideas para definir los criterios de selección con el criterio de qué es lo que una solución debe satisfacer, se debe hacer un resumen de los criterios planteados, se recomienda no usar más de cinco criterios, estos criterios deben ser descritos con una frase o palabra clara y en sentido positivo.

Con los criterios definidos se realiza una calificación comenzando con por las filas y en las columnas las alternativas, se realiza la siguiente pregunta: cuál es la importancia de este criterio (fila) con respecto a la alternativa (columna), la respuesta a esta pregunta debe encasillarse dentro de las siguientes respuestas y con las siguientes calificaciones:

- Muy importante = 5
- Importante = 4
- Medianamente importante = 3
- Menos importante = 2
- Nada importante = 1

Tabla N° 20: Calificación de alternativas con respecto al sistema de refrigeración

CRITERIO DE EVALUACIÓN	ALTERNATIVAS	
	Vitrina refrigerada vertical	Vitrina refrigerada horizontal
Costos	5	3
Rango de funcionamiento	5	4
Disponibilidad en el mercado	5	5
Consumo de energía	4	2
Espacio disponible	5	2
Promedio	4,8	3,2

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Como se muestra en la tabla N° 20, la alternativa que tiene mayor calificación es la vitrina refrigerada vertical.

Por sus características de diseño y funcionamiento el refrigerador tipo vitrina exhibidor marca Indurama modelo VFV-400 es el más adecuado para formar parte de la cámara puesto que el trabajo que desempeñará este equipo será mantener un nivel de temperatura uniforme para la calibración de los termohigrómetros y/o termómetros por debajo de las condiciones ambientales, además que es un equipo de una prestigiosa marca que se encuentra disponible en el mercado local.

Tipos de humidificadores

La humidificación sirve para aumentar la humedad relativa en un ambiente cerrado, sin embargo hoy en día se hace una necesidad para la industria y el confort, puesto que en algunos procesos se necesita controlar la humedad para que está no afecte a un determinado producto.

Humidificador de vapor caliente

El humidificador de vapor caliente o evaporación funciona de manera similar a una tetera, este sistema funciona mediante una resistencia eléctrica la cual calienta el agua hasta el punto de ebullición y este vapor caliente es expulsado al exterior elevando a su paso la temperatura ambiente.



Figura N° 36: Humidificador de evaporación

Fuente: www.sonrecomendados.com

Elaborado por: Investigador

Características

- Marca: Miniland Humiplus
- Potencia: 130 W
- Voltaje: 120V – 60Hz
- Control de humedad
- Funcionamiento silencioso
- Capacidad del reservorio 7 litros
- Flujo de vapor caliente 900 ml/h
- Apagado automático cuando se agota el agua
- Dimensiones 36*29*17,5 cm

Humidificador de vapor frio ultrasónico

El humidificador ultrasónico representa una nueva versión en nebulización del agua, posee un transductor que convierte la energía eléctrica en mecánica, el cual genera ondas sonoras que pulveriza en frio el agua con lo cual este vapor al ser expulsado al exterior no modifica la temperatura ambiente. Es decir las partículas de agua se desprenden por la vibración a muy alta frecuencia de un cristal piezoeléctrico.



Figura N° 37: Humidificador ultrasónico

Fuente: www.electroinformaticaxxi.com

Elaborado por: Investigador

Características

- Marca: CFL
- Modelo: HDM28
- Potencia: 25 W
- Voltaje: 120V – 60Hz
- No modifican la temperatura del ambiente
- Bajo consumo de energía
- Control de humedad
- Funcionamiento silencioso
- Capacidad 2,3 litros

- Flujo de vapor 1000 ml/h
- Apagado automático cuando se agota el agua
- Dimensiones 260*175*175 mm

Tabla N° 21: Calificación de alternativas con respecto al sistema de humidificación

CRITERIO DE EVALUACIÓN	ALTERNATIVAS	
	Humidificador de vapor caliente	Humidificador de vapor frio
Costos	4	4
Disponibilidad en el mercado	3	5
Varia la temperatura ambiente	2	5
Flujo de vapor (ml/h)	3	5
Consumo de energía	2	5
Promedio	2,8	4,8

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Como se muestra en la tabla N° 21, la alternativa que tiene mayor calificación es el humidificador de vapor frio ultrasónico.

Por sus características de diseño, funcionalidad y al ser un equipo que no altera la temperatura es el más apropiado para incorporarle a la cámara puesto que también posee un buen de flujo de humidificación con lo que se conseguirá obtener varios niveles de humedad a una temperatura estable logrando de esta manera cumplir con los rangos requeridos para la calibración de termohigrómetros, el equipo a utilizar es de marca CFL modelo HDM28, el mismo que se encuentra disponible en el mercado local.

Tipos de calefactores

Los calefactores tienen como misión producir calor. El calefactor eléctrico más común es el resistivo, donde la generación del calor se debe al efecto Joule, los calefactores resistivos generan calor proporcionalmente a la corriente eléctrica que fluye a través de ellos.

Calefactor infrarrojo

El calefactor infrarrojo no calienta el aire sino los objetos, paredes y todos los elementos y de una determinada área, a esta transmisión de calor se la conoce como radiación. Éste proceso funciona de manera similar a una estufa cerámica que calienta un determinado cuerpo. Las ondas de calor no tienen un efecto significativo en el movimiento del aire.



Figura N° 38: Calefactor infrarrojo

Fuente: www.brickostore.com

Elaborado por: Investigador

Características

- Marca: Sunbeam
- Modelo: SQH310
- Potencia máx.: 2500W
- Voltaje: 120V – 60Hz
- Control de temperatura mediante termostato
- Material: tubo de cuarzo
- Bajo consumo

- Silencioso
- Dimensiones 22*16*40 cm

Calefactor termoventilado

El calefactor termoventilado funciona mediante el principio del efecto Joule, que al circular una corriente eléctrica por una resistencia esta genera calor y mediante un ventilador este hace circular el aire caliente en un área específica, por lo general esta transmisión de calor es por convección.

La generación de calor está directamente relacionada con la potencia del equipo, que no es más que la velocidad a la que se consume la energía, también puede definir como la potencia desarrollada o consumida en una unidad de tiempo.



Figura N° 39: Calefactor termoventilado

Fuente: www.grupomartel.com

Elaborado por: Investigador

Características

- Marca: KYMPO
- Modelo: FH202
- Potencia: 2000W
- Voltaje: 120V – 60Hz
- Flujo: 0,03 m³/s
- Control de temperatura y velocidad del ventilador

- Termostato de seguridad para evitar sobrecalentamiento
- Apagado automático si la base no está bien apoyada o en caso de caída
- Bajo consumo
- Dimensiones Ø17*10 cm

Tabla N° 22: Calificación de alternativas con respecto al sistema de calefacción.

CRITERIO DE EVALUACIÓN	ALTERNATIVAS	
	Calefactor Infrarrojo	Calefactor Termoventilado
Costos	3	5
Disponibilidad en el mercado	3	4
Trasmisión de calor	2	5
Espacio disponible	3	5
Consumo de energía	4	5
Promedio	3	4,8

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Como se muestra en la tabla N° 22, la alternativa que tiene mayor calificación es el calefactor termoventilado.

Por sus características de diseño y funcionamiento el calefactor eléctrico termoventilado es el más adecuado para la cámara puesto que mediante su resistencia eléctrica y su ventilador se obtendrá una temperatura uniforme hasta 30° Celsius, requeridos para la calibración de termohigrómetros, el equipo a utilizar es de marca KYMPO modelo FH202, el mismo que se encuentra disponible en el mercado local.

Tipos de deshumidificadores

La deshumidificación es un proceso un poco más sencillo y con menos aplicación que la humidificación, la diferencia entre ambas es que la deshumidificación se trata de la extracción de humedad del ambiente.

Deshumidificador por enfriamiento (compresor)

El aire puede deshumidificarse con sistemas de aire acondicionado convencionales de compresor. Estos enfrían al aire a una presión constante hasta una temperatura por debajo de la temperatura del punto de rocío, ocurre que se condensa parte del vapor de agua presente en el aire. Este tipo de deshumidificación es el más utilizado en los equipos de aire acondicionado comercial y residencial.



Figura N° 40: Deshumidificador por enfriamiento (compresor)

Fuente: www.grupomartel.com

Elaborado por: Investigador

Características

- Marca: Danby Premiere
- Potencia: 746W
- Voltaje: 115V – 60Hz
- Absorción 23 l/día. / 18.5°C
- Apagado automático cuando se llena el depósito
- Dimensiones 64 x 59.8 x 38.8 cm

Deshumidificador por tecnología Peltier

El deshumidificador por tecnología peltier no utiliza compresor lo que le hace ligero y silencioso al momento de extraer humedad. El funcionamiento de la celda Peltier ocurre cuando dos semiconductores (P) y (N) se ponen en contacto mediante una soldadura, y al momento de aplicar una corriente eléctrica a está los electrones tienden a enfriar la soldadura.

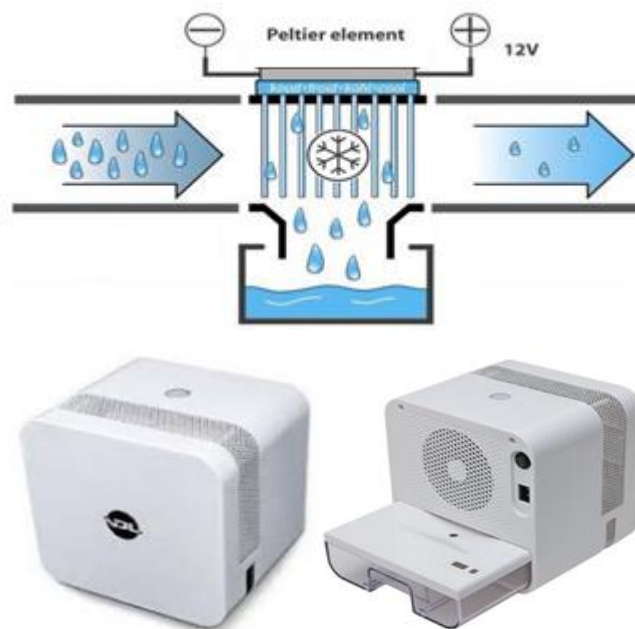


Figura N° 41: Deshumidificador tecnología Peltier

Fuente: <https://es.aliexpress.com>

Elaborado por: Investigador

Características

- Marca: DL - 850
- Potencia: 26 W
- Voltaje: 120V – 60Hz.
- Bajo consumo de energía
- Absorción 1000 ml/h. / 22,6 °C
- Silencioso y compacto
- Apagado automático cuando se llena el depósito
- Dimensiones 17.8*17.8*15 cm

Tabla N° 23: Calificación de alternativas con respecto al sistema deshumidificación.

CRITERIO DE EVALUACIÓN	ALTERNATIVAS	
	Deshumidificador por enfriamiento (compresor)	Deshumidificador por tecnología Peltier
Costos	3	5
Disponibilidad en el mercado	3	5
Espacio disponible	3	5
Absorción de humedad	4	5
Consumo de energía	3	4
Promedio	3,2	4,8

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Como se muestra en la tabla N° 23, la alternativa que tiene mayor calificación es el deshumidificador por tecnología Peltier.

El deshumidificador por tecnología Peltier es el más apropiado para incorporarlo a la cámara por ser un equipo compacto, silencioso y de gran eficiencia en la absorción de humedad requerido para la calibración de termohigrómetros, el equipo a utilizar es de marca DL modelo 850 el mismo que se encuentra disponible en el mercado local.

Tipos de sensores

En la actualidad hay una gran variedad de sensores de temperatura y humedad los cuales ya vienen integrados en un solo dispositivo llamados transmisores. El transmisor es un dispositivo que capta la variable en proceso y la transmite mediante dos señal que pueden ser de voltaje o corriente hacia un indicador o controlador

Trasmisor tipo sonda de temperatura y humedad

El trasmisor tipo sonda es el dispositivo más usado en la industria farmacéutica, alimenticia, para medición y/o control de temperatura y humedad relativa, este dispositivo cuenta con dos sensores integrados en un cilindro que generalmente es plástico, la señal que trasmite este dispositivo es receptada por un controlador.



Figura N° 42: Transmisores tipo sonda de temperatura y humedad relativa

Fuente: www.vaisala.com

Elaborado por: Investigador

Características

- Marca: Tecpel
- Voltaje de alimentación: 12-36 VDC
- Rango humedad: 0-100% HR
- Rango temperatura: 0° a 50°C
- Salidas independientes: 4 a 20 mA
- Precisión: $\pm 2.5\%$ HR / $\pm 0.5\%$ °C
- Resolución: 0,1 °C / 0,1% HR
- Dimensiones *150*Ø22.5 mm

Trasmisor con display digital de temperatura y humedad

El trasmisor con display digital es una nueva innovación tecnológica en este tipo de dispositivos. Su diseño y funcionamiento lo distingue de otros transmisores, la visualización de las mediciones se realiza de forma directa y en tiempo real posee un sensor de temperatura (tipo RTD) y otro de humedad (tipo capacitivo) ensamblados en un cuerpo cilíndrico.



Figura N° 43: Transmisor con display digital de temperatura y humedad R.

Fuente: Tesla material eléctrico industrial

Elaborado por: Investigador

Características

- Voltaje de alimentación: 12-36 VDC
- Rango humedad: 0-100% HR
- Rango temperatura: 0° a 50 °C
- Salidas independientes: 4 a 20 mA
- Precisión: $\pm 1.8\%$ HR / $\pm 0.3\%$ °C
- Resolución: 0,1 °C / 0,1% HR
- Display tipo led digital
- Dimensiones *182*54*20 mm

Tabla N° 24: Calificación de alternativas con respecto al trasmisor de temperatura y humedad relativa.

CRITERIO DE EVALUACIÓN	ALTERNATIVAS	
	Trasmisor Tipo sonda	Trasmisor con display digital
Costos	3	5
Disponibilidad en el mercado	4	5
Precisión en temperatura	3	5
Precisión en humedad	3	5
Visualizador de mediciones	2	5
Promedio	3,0	5,0

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Como se muestra en la tabla N° 24, la alternativa que tiene mayor calificación es el trasmisor con display digital.

El trasmisor marca MAXDETECT modelo MQ3120 es el más apropiado para incorporarlo a la cámara por sus características de medición y control en las variables de temperatura y humedad relativa así como su compacto diseño, una gran ventaja es su display puesto que se lo puede enviar a calibrar al INEN y con ello asegurar los resultados de las mediciones.

(PLC) Control lógico Programable

Es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales, el PLC es autómatas muy utilizado en la automatización de procesos por su amplia gama de aplicaciones.

Con el objetivo de solucionar y reducir inconvenientes en los procesos industriales se crearon los autómatas, que permiten cambiar la funcionalidad del control del proceso industrial sin más que cambiar el programa, ya que gran parte de los componentes necesarios como relés auxiliares, temporizadores se encuentran implementados en la programación interna de él. Además, en los casos en que las modificaciones superen la capacidad del sistema, es posible agregar módulos de ampliación que permitan cumplir con las nuevas exigencias.

Análisis de Alternativas

En la actualidad se encuentra dos tipos de marcas de PLCs en el mercado local, cada uno de estos autómatas poseen características y cualidades distintas en automatización que los diferencia el uno del otro. Se mencionan a continuación:

PLC Schneider Electric



Figura N° 44: PLC Schneider Zelio Logic

Fuente: Catalogo PLC Schneider Electric

Elaborado por: Investigador

Características principales del autómata

- Marca: Schneider Electric
- Modelo: Zelio Logic
- Tensión de alimentación: 100 a 240 VAC
- Comunicación: Mediante cable USB / PC- PLC
- Programación: Diagrama de bloques de funciones (FBD) y Grafcet SFC
- Número de entradas: 8 (I)
- Número de salidas: 4 (Q)
- Módulos de extensión: 3 módulos
- Permite modificar el programa de control
- Dimensiones: 59.5*71.2*90 mm

PLC Siemens S7-200

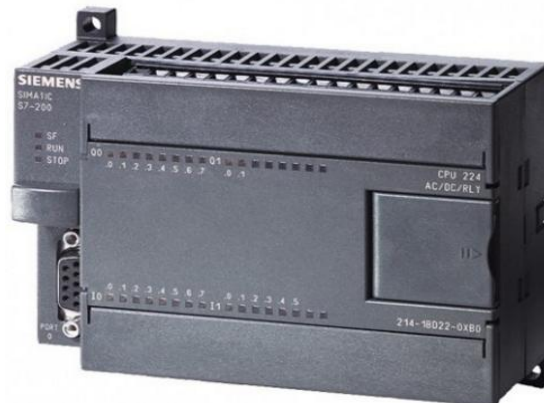


Figura N° 45: PLC S7 200/CPU-224

Fuente: Catalogo PLC Siemens

Elaborado por: Investigador

Características principales del autómeta

- Marca: Siemens S7-200
- Modelo: CPU-224
- Tensión de alimentación: 100 a 240 VAC
- Comunicación: Serial/USB, PLC-PC
- Programación: Diagrama de bloques en lenguajes (KOP), (AWL),(FUP)
- Número entradas: 14 (I)
- Número de salidas: 10 (Q)
- Soporta conectar hasta 7 módulos de expansión
- Permite modificar del programa de control
- Dimensiones: 60*80*120 mm

Tabla N° 25: Calificación de alternativas con respecto al PLC.

CRITERIO DE EVALUACIÓN	ALTERNATIVAS	
	PLC Schneider Zelio Logic	PLC Siemens S7-200/CPU 224
Costos	5	5
Disponibilidad en el mercado	5	5
Programación	3	5
Expansión de módulos	3	5
Numero de entras y salidas	3	5
Promedio	3,8	5,0

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Como se muestra en la tabla N° 25, la alternativa que tiene mayor calificación es el PLC Siemens S7-200/CPU 224.

Para la ejecución de este proyecto se utilizará el PLC Siemens S7-200/CPU 224 por su amplia aplicación en automatización. Este equipo posee 14 entradas (I) y 10 salidas (Q) que serán requeridas para el funcionamiento de cada componente integrado a la cámara generadora de temperatura y humedad, puede soportar hasta 7 módulos de expansión entre otras características que lo difieren de los demás autómetas.

Automatización

Está definido como un conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta, o la de otro sistema con el fin de lograr un funcionamiento automático de modo que se reduzcan las probabilidades de fallos y se obtengan los resultados buscados, son usados principalmente para controlar sistemas eléctricos, mecánicos, neumáticos con una posibilidad nula o casi nula de error, y un grado de eficiencia mucho más grande que el de un trabajador.

Un sistema automatizado se compone de las siguientes partes:

Parte de Mando

Suele ser un controlador lógico programable (PLC), en un proceso de fabricación, ensamble, fundición, etc. El autómeta está en el centro del sistema de producción puesto que maneja todo el proceso, este es capaz de comunicarse con todos los componentes del sistema automatizado.

Parte Operativa

Es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los motores, cilindros, compresores, etc. Los captadores son transmisores, sensores, finales de carrera, etc.

Beneficios de la automatización

- Incrementa la producción y la productividad.
- Optimiza las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos manuales e incrementando la seguridad.
- Incrementa la flexibilidad de las instalaciones para modificar los productos o los ritmos de fabricación.

Estructura del PLC S7-200/CPU 224

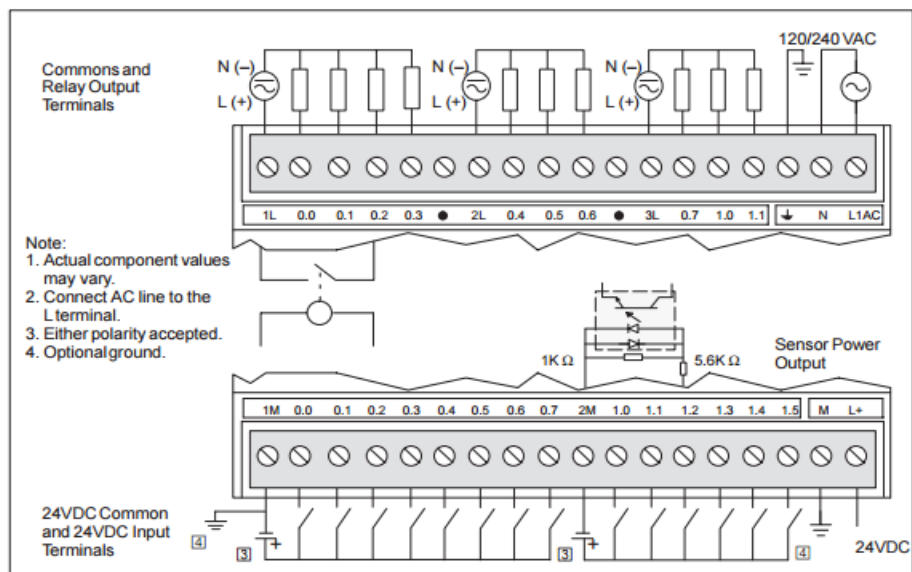
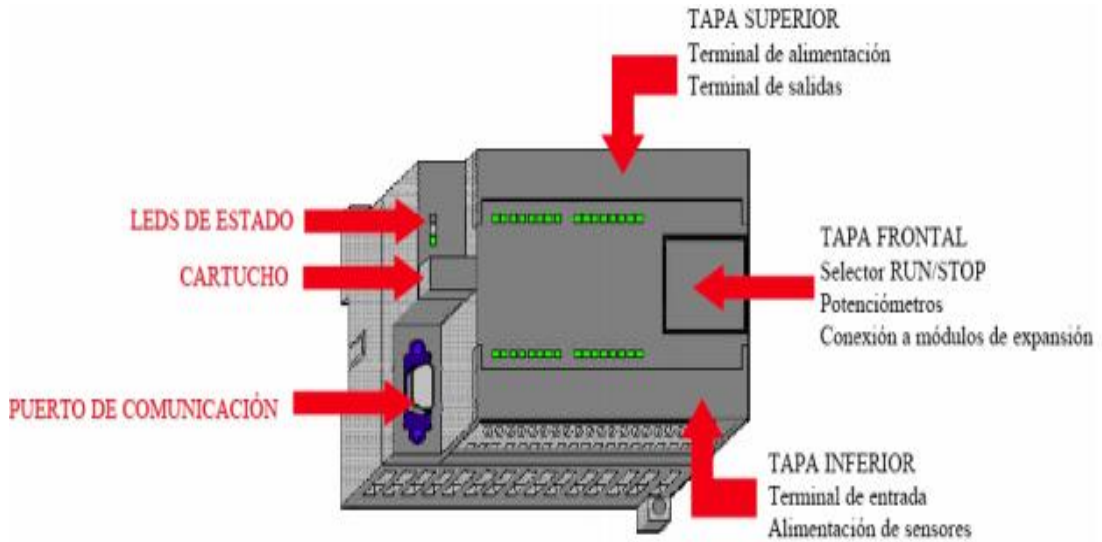


Figura N° 46: Estructura PLC S7-200/CPU 224

Fuente: Siemens

Elaborado por: Investigador

Funcionamiento del autómata

El controlador lógico programable es un equipo electrónico que ejecuta correlativamente las instrucciones indicadas en el programa de usuario almacenado en su memoria, generando una orden a partir de las señales de entrada leídas en el proceso. Esta secuencia se ejecuta continuamente para conseguir el control total del proceso.

Los elementos esenciales, que todo autómata programable posee como mínimo, son los siguientes:

- **Sección de entradas:** se trata de líneas de entrada, las cuales pueden ser digitales o analógicas. A estas líneas conectaremos los captadores (sensores).
- **Sección de salidas:** son una serie de líneas de salida, que también pueden ser de carácter digital o analógico. A estas líneas conectaremos los actuadores (motores, bombas, etc.).
- **Unidad central de proceso (CPU):** se encarga de procesar el programa que el usuario ha configurado.
- **Consola de programación:** la mayoría de PLCs se programan a partir del PC mediante programas específicos facilitados por cada fabricante.
- **Dispositivos periféricos:** como nuevas unidades de E/S, más memoria, unidades de comunicación en red, etc.
- **Interfaces:** facilitan la comunicación del autómata con otros dispositivos como un PC.

Puerto de comunicación

El autómata posee un único puerto de comunicación principalmente se utiliza para conectar el PC con el autómata para cargar el programa de control.

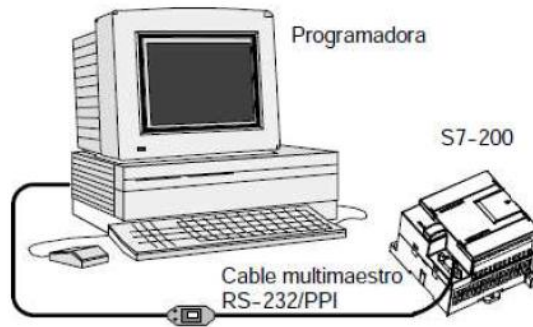


Figura N° 47: Comunicación mediante cable de serial/USB de PLC a PC

Fuente: Siemens

Elaborado por: Investigador

Lenguajes de programación

La dirección del IEC (Comisión Electrotécnica Internacional) ha elaborado el estándar IEC 1131-3 para normalizar el lenguaje de programación de un PLC, Pero no todos los fabricantes se han acogido a este estándar, creando su propio lenguaje de programación.

La marca Siemens maneja tres tipos de lenguajes en programación que se mencionan a continuación:

- a) **Lenguaje de contactos (KOP):** se trata de una programación por diagrama de contactos. Es el que más similitudes tiene con el utilizado por un electricista al elaborar cuadros de automatismos.

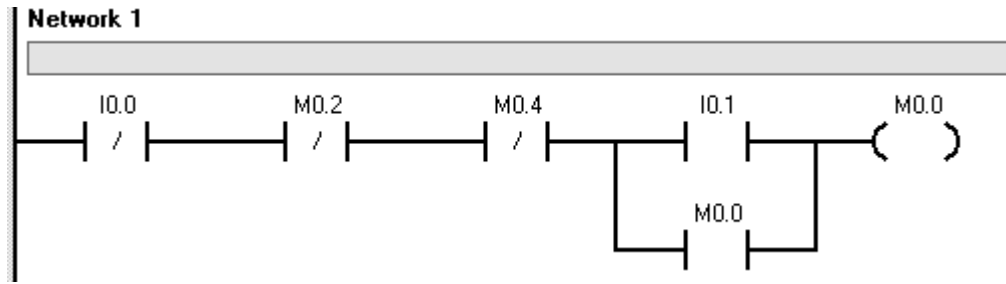


Figura N° 48: Diagrama de contactos

Fuente: Siemens

Elaborado por: Investigador

b) **Lenguaje por lista de instrucciones (AWL):** consiste en elaborar una lista de instrucciones.

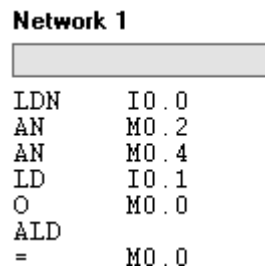


Figura N° 49: Diagrama por lista de instrucciones

Fuente: Siemens

Elaborado por: Investigador

c) **Lenguaje de programación basada en bloques lógicos (FUP):** este lenguaje se utiliza cuando se está habituado a trabajar con circuitos de puertas lógicas, puesto que la simbología usada en ambos es equivalente.

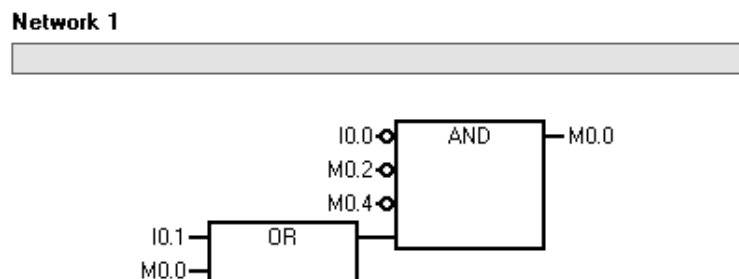


Figura N° 50: Diagrama de bloques lógicos

Fuente: Siemens

Elaborado por: Investigador

Módulo de expansión analógico EM 235

El CPU 224 permite trabajar únicamente con entradas y salidas digitales, razón por la cual se debe utilizar el módulo de expansión EM 235, el cual permite trabajar hasta con 4 entradas análogas y 2 salidas análogas. En este caso se trabaja únicamente con entradas análogas (4-20mA) correspondiente al transmisor de temperatura y humedad.

El módulo EM 235 puede trabajar con diferentes rangos de corriente o voltaje en sus entradas, ya que los transforma a formato de palabra, entregando a la salida un valor que puede ir desde -32000 a 32000, dependiendo de la configuración de los interruptores. Es así que, considerando el rango de las entradas y seleccionando Unipolar cómo formato de palabra (se obtendrán valores entre 0 y 32000), los interruptores DIP del módulo fueron configurados como se muestra en la Figura N° 51.

Unipolar						Rango máx.	Resolución
Int. 1	Int. 2	Int. 3	Int. 4	Int. 5	Int. 6		
ON	OFF	OFF	ON	OFF	ON	0 a 50 mV	12,5 μ V
OFF	ON	OFF	ON	OFF	ON	0 a 100 mV	25 μ V
ON	OFF	OFF	OFF	ON	ON	0 a 500 mV	125 μ V
OFF	ON	OFF	OFF	ON	ON	0 a 1 V	250 μ V
ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	0 a 5 V	1,25 mV
ON	OFF	OFF	OFF	OFF	ON	0 a 20 mA	5 μ A
OFF	ON	OFF	OFF	OFF	ON	0 a 10 V	2,5 mV

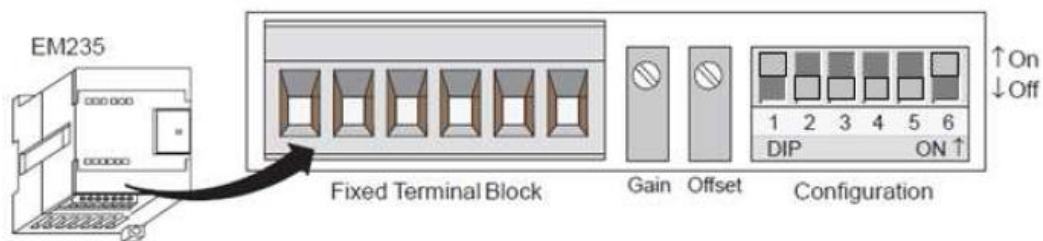


Figura N° 51: Configuración de interruptores DIP

Fuente: Siemens

Elaborado por: Investigador

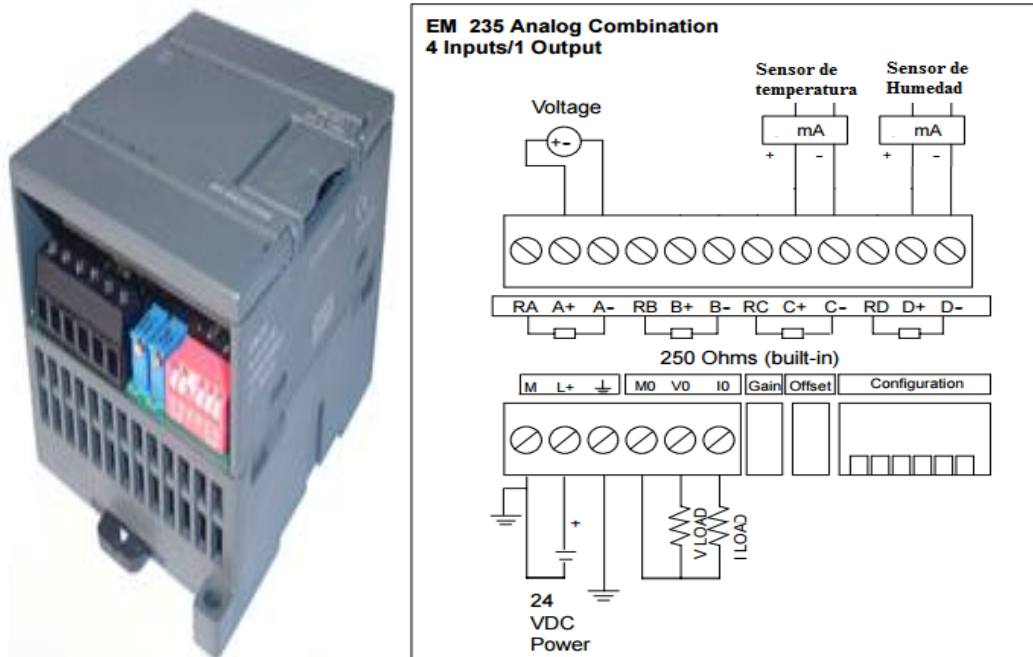


Figura N° 52: Diagrama de conexión módulo analógico EM 235

Fuente: Siemens

Elaborado por: Investigador

Sistema de control lazo cerrado

Un sistema de control lazo cerrado o realimentado mide una variable de proceso que está siendo controlada en este caso (temperatura y humedad) y se alimenta a un comparador electrónico (PLC) que realiza la comparación entre el valor medido de la variable y el punto de ajuste que representa el valor deseado de la variable.

Punto de ajuste.- Se establece el valor deseado del parámetro y se realiza la diferencia del valor real con el valor deseado, y este valor de error es pasado al controlador para dar respuesta al elemento final de control.

Comparador.- Se encarga de restar las señales de referencia y realimentada del sensor.

Controlador.- Es un dispositivo basado en hardware y software, que funciona mediante el monitoreo de una señal de error.

Elemento final de control (EFC).- Son actuadores, válvulas, motores, relés, contactores, etc.

Proceso.- Secuencia de actividades sistematizadas que permiten la transformación de entradas en salidas.

Sensor.- Dispositivo que mide los cambios de la variable controlada.

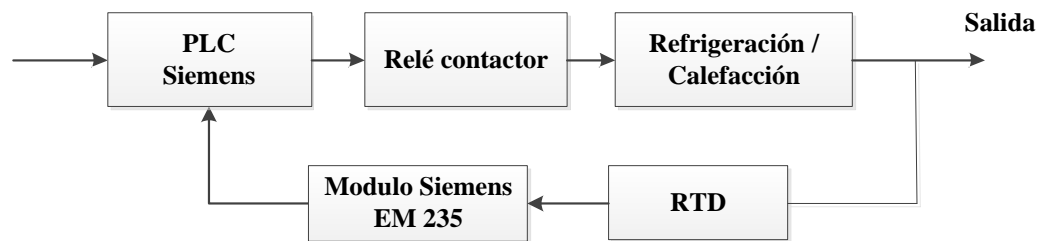


Figura 53: Control de temperatura

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Componentes de control

1. **Comparador y controlador:** PLC Siemens CPU 224
2. **Elemento final de control:** relé contactor
3. **Proceso:** sistema de refrigeración / calefacción
4. **Sensor:** RTD (Detector de temperatura resistivo)
5. **Módulo de expansión:** siemens EM 235 acondicionamiento de señal

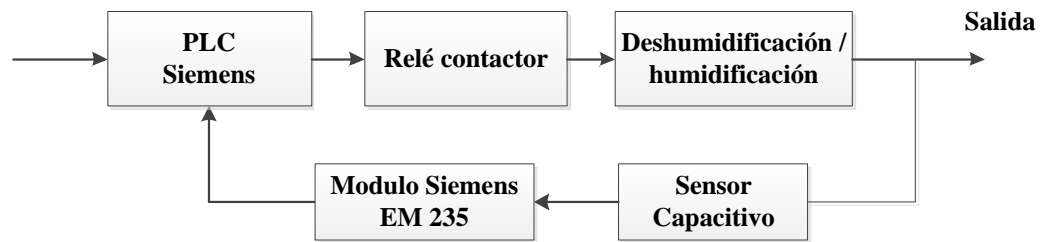


Figura 54: Control de humedad relativa

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Componentes de control

1. **Comparador y controlador:** PLC Siemens CPU 224
2. **Elemento final de control:** relé Contactor
3. **Proceso:** sistema de deshumidificación / humidificación
4. **Sensor:** tipo capacitivo
5. **Módulo de expansión:** siemens EM 235 acondicionamiento de señal

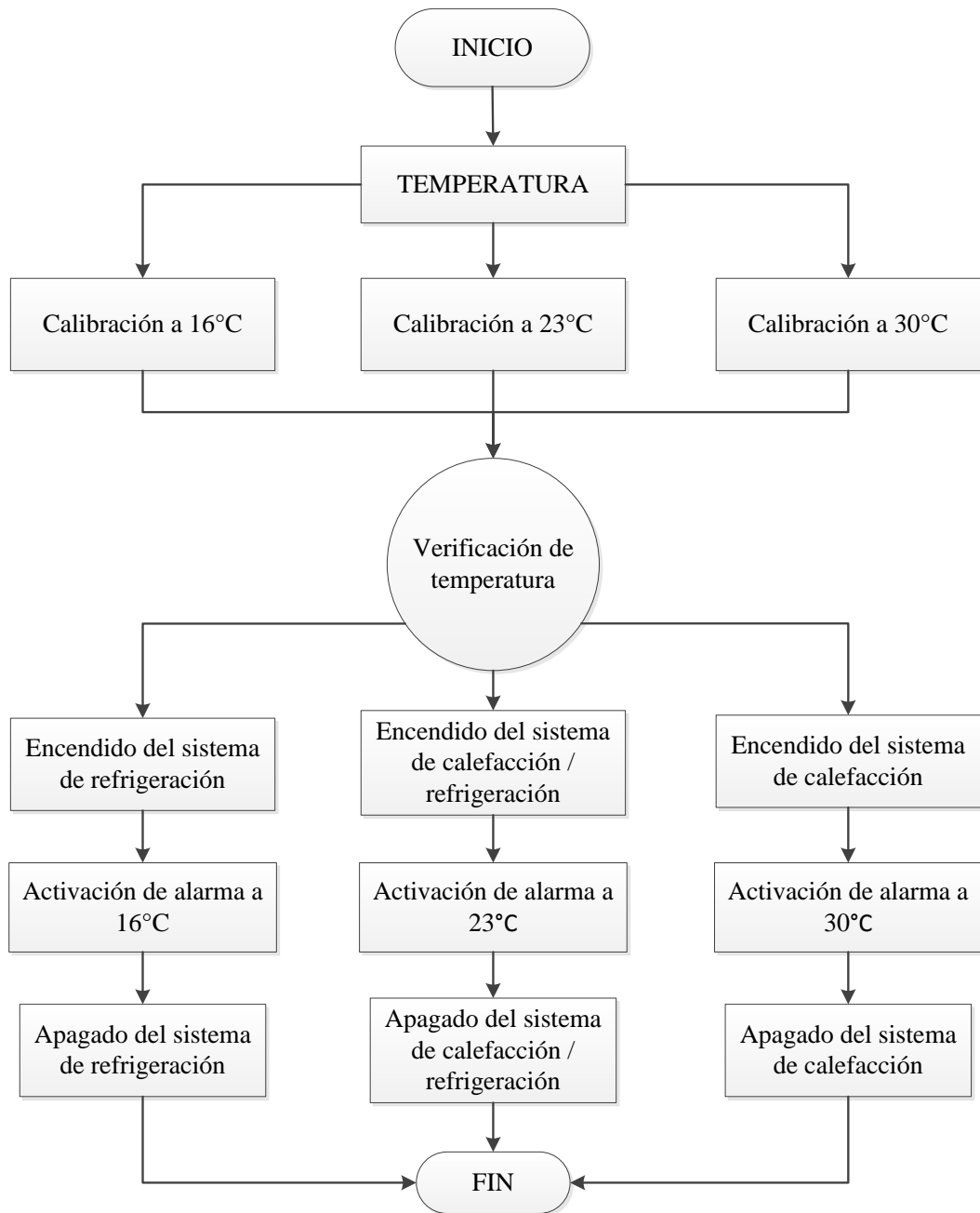


Figura 55: Diagrama del proceso de calibración en temperatura

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

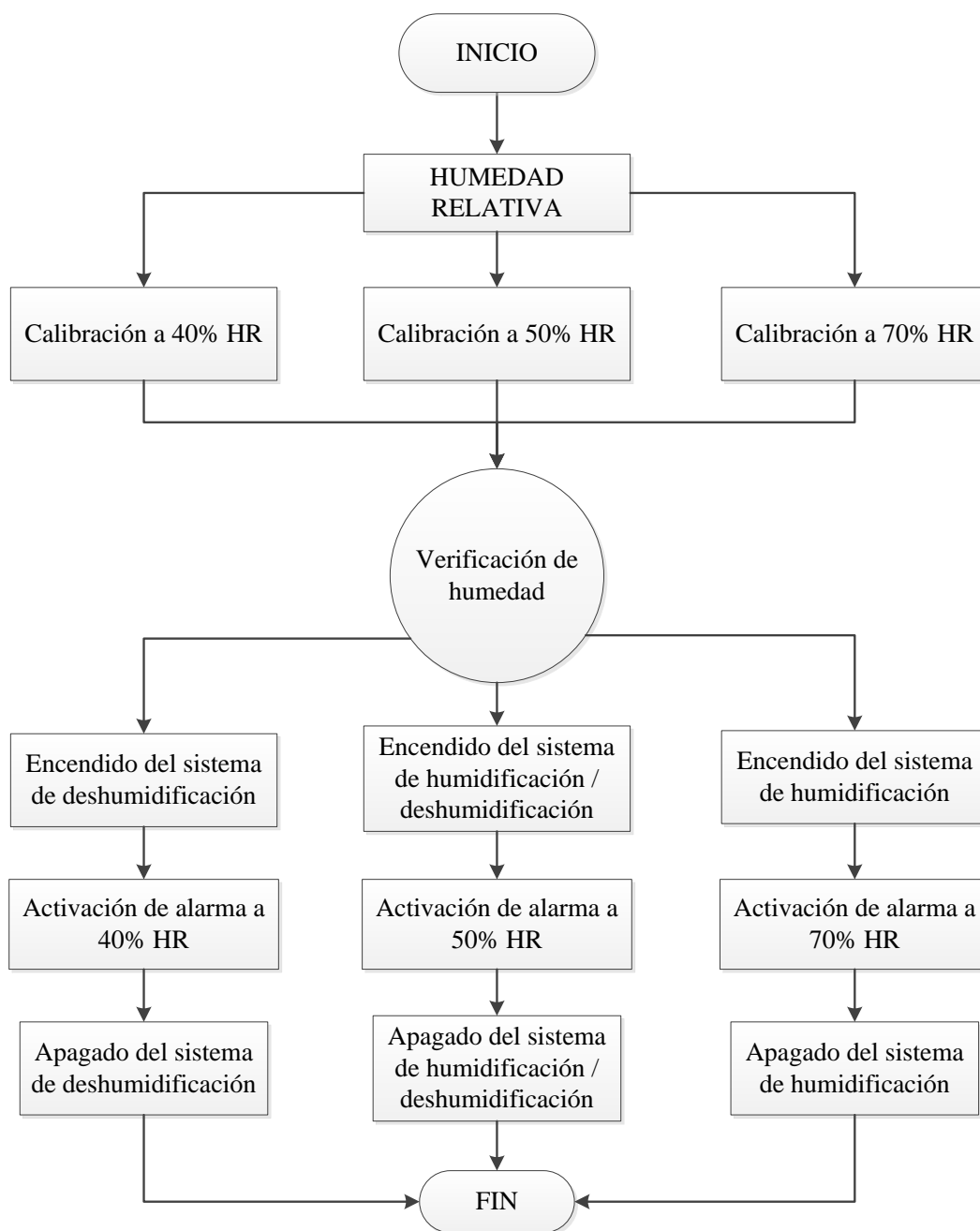


Figura 56: Diagrama del proceso de calibración en humedad relativa

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Modelo Operativo de Ejecución de la Propuesta

Comprende la definición de características técnicas de los equipos que conformarán, la cámara generadora de cambios de temperatura y humedad relativa, como tamaño, programación, control, etc.

Diseño del control eléctrico mediante PLC

Para el diseño del sistema de control eléctrico de la cámara generadora de temperatura y humedad relativa se utilizará como controlador al PLC marca Siemens S7-200/CPU 224 especialmente por su número de entradas y salidas que se requieren para el funcionamiento de la cámara, además de un módulo de expansión marca siemens EM 235 para entradas analógicas las mismas que serán proporcionadas por el transmisor.

En este proyecto, se trabaja con variables análogas y digitales. Como se mencionó anteriormente, el módulo EM 235 convierte los valores que recibe de los sensores a un formato de palabra o “word”, razón por la cual se utilizó la nomenclatura “AIW” (Analog Input Word). La variable en formato de palabra tienen un tamaño de 2 bytes, es por ello que a la primera entrada analógica (temperatura) se le asigna el byte 0 (AIW0) y a la siguiente el byte 2 (AIW2) (humedad), configuración propia de siemens.

El PLC se encargará del control de temperatura y humedad para la calibración de termohigrómetros, la programación se la realizó en un computador con el software Microwin Step 7, versión 4.0.

La nomenclatura de la programación se muestra a continuación en el lenguaje (KOP) diagrama de contactos, se utilizará este lenguaje por ser equivalente al de un diagrama de control eléctrico.

Al encender la cámara mediante el interruptor se energizará el PLC, el transmisor de temperatura, humedad y la lámpara led.

El programa cuenta con las siguientes instrucciones para la activación del proceso.

I0.0 Paro general.

I0.1 Pulsador temperatura 16°C.

I0.2 Pulsador temperatura 23°C.

I0.3 Pulsador temperatura 30°C.

I0.4 Pulsador humedad 40% HR.

I0.5 Pulsador humedad 50% HR.

I0.6 Pulsador humedad 70% HR.

AIW0 Sensor de temperatura.

AIW2 Sensor de Humedad relativa.

Q0.0 Sistema de refrigeración.

Q0.1 Sistema de calefacción o refrigeración.

Q0.2 Sistema de calefacción.

Q0.3 Sistema de deshumidificación.

Q0.4 Sistema de humidificación o deshumidificación.

Q0.5 Sistema de humidificación.

Q0.6 Ventilador recirculación de aire dentro de la cámara.

Q0.7 Confirmación mediante alarma estabilización de temperatura y humedad relativa.

Control de salidas

- **Salida sistema de refrigeración:** activará o desactivará el compresor y el ventilador de recirculación de aire según se requiera.
- **Salida sistema de calefacción:** activará o desactivará la resistencia eléctrica y el ventilador de recirculación de aire según se requiera.
- **Salida de deshumidificación:** activará o desactivará el deshumidificador y el ventilador de recirculación de aire del mismo refrigerador, este equipo

se encargará de absorber la humedad del aire que se encuentra en el interior de la cámara.

- **Salida de humidificación:** activará o desactivará el humidificador ultrasónico y el ventilador de recirculación de aire, este equipo será el encargado de generar humedad relativa según las pruebas que se requiera hacer en la calibración.

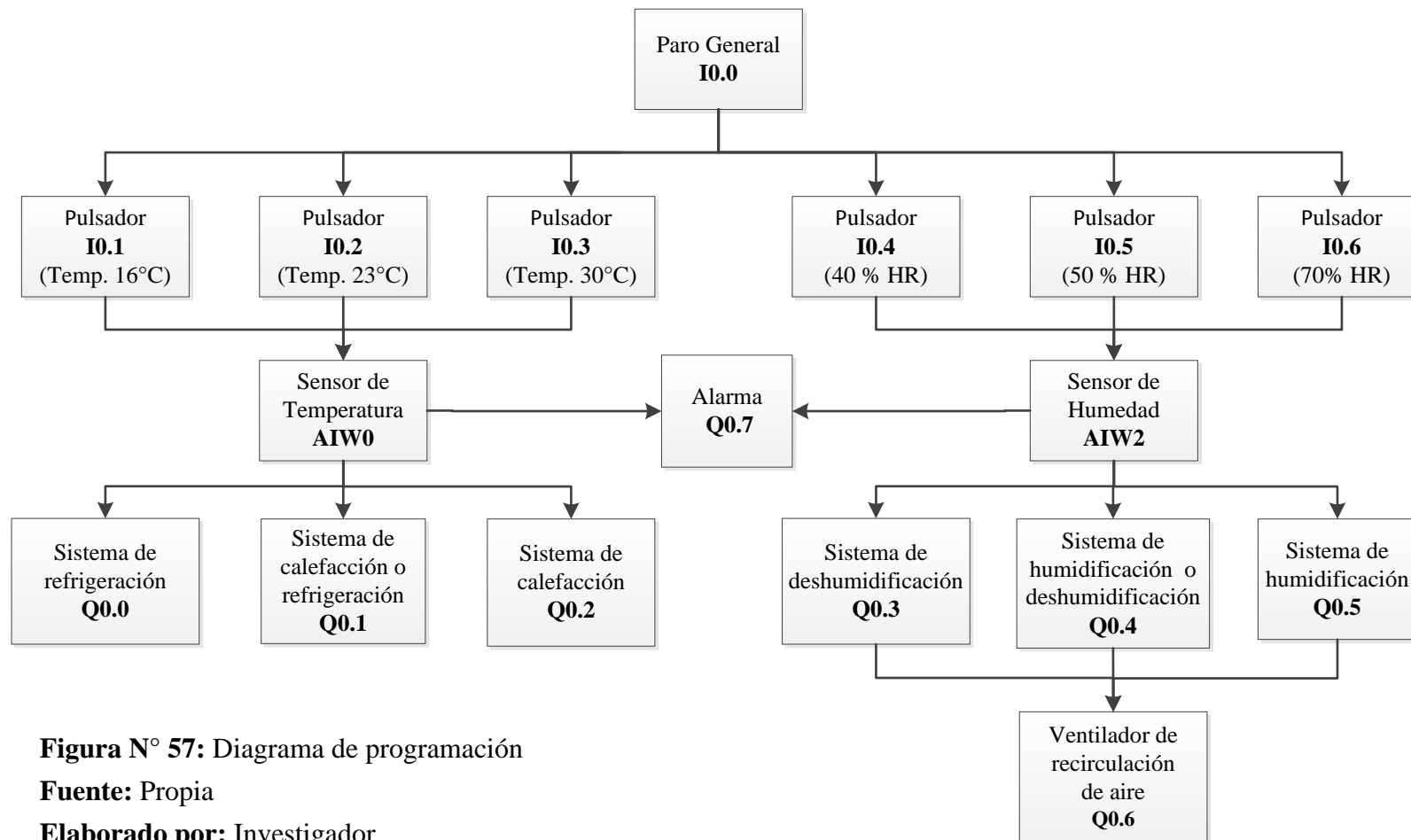
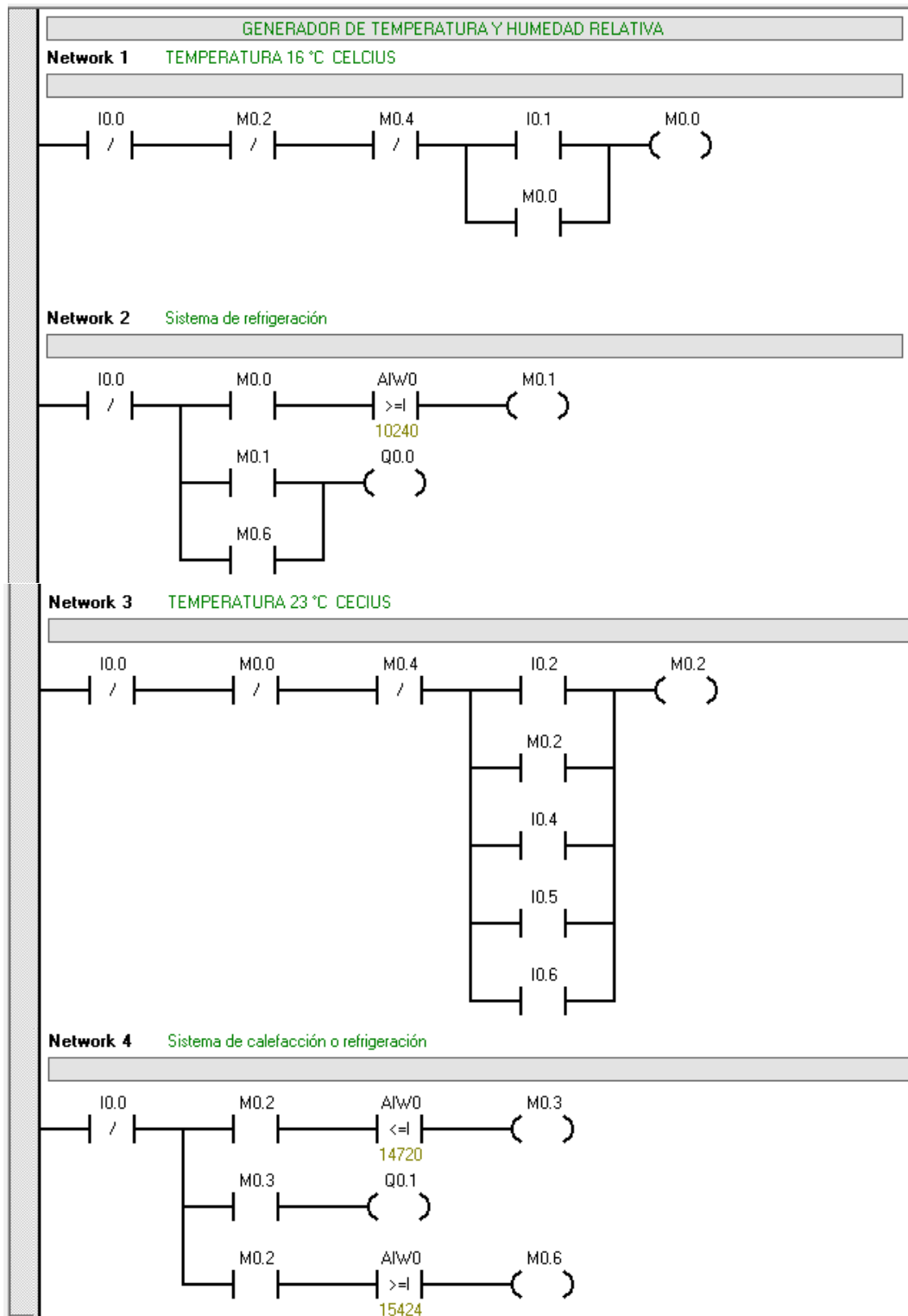


Figura N° 57: Diagrama de programación

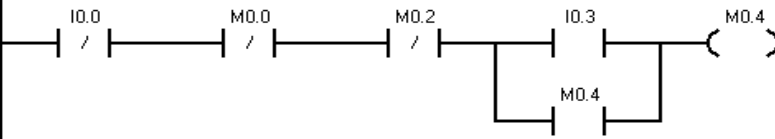
Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

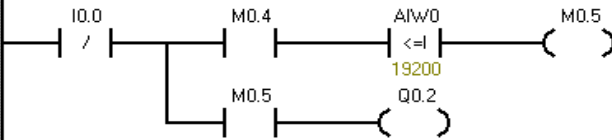
Programación en lenguaje (KOP) diagrama de contactos



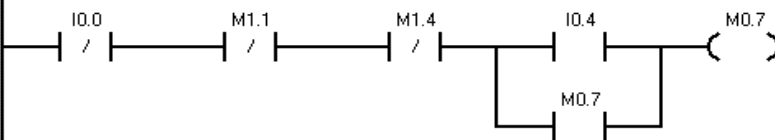
Network 5 TEMPERATURA 30 °C CELCIUS



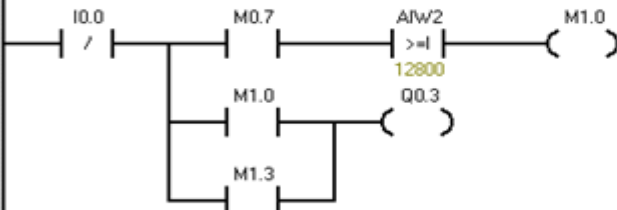
Network 6 Sistema de calefacción



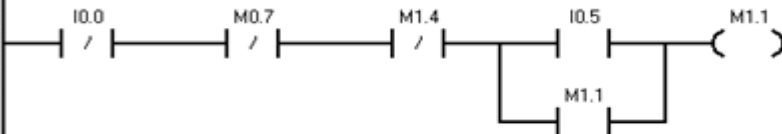
Network 7 HUMEDAD RELATIVA 40%



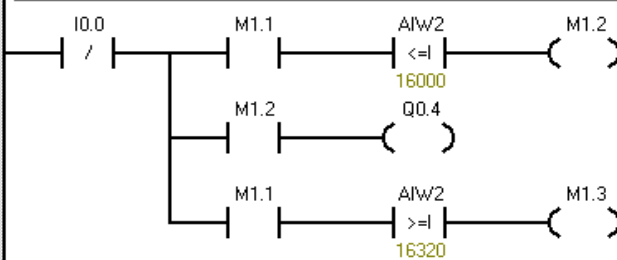
Network 8 Sistema de deshumidificación



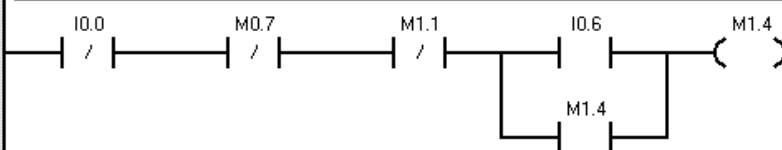
Network 9 HUMEDAD RELATIVA 50%



Network 10 Sistema de humidificación o deshumidificación



Network 11 HUMEDAD RELATIVA 70%



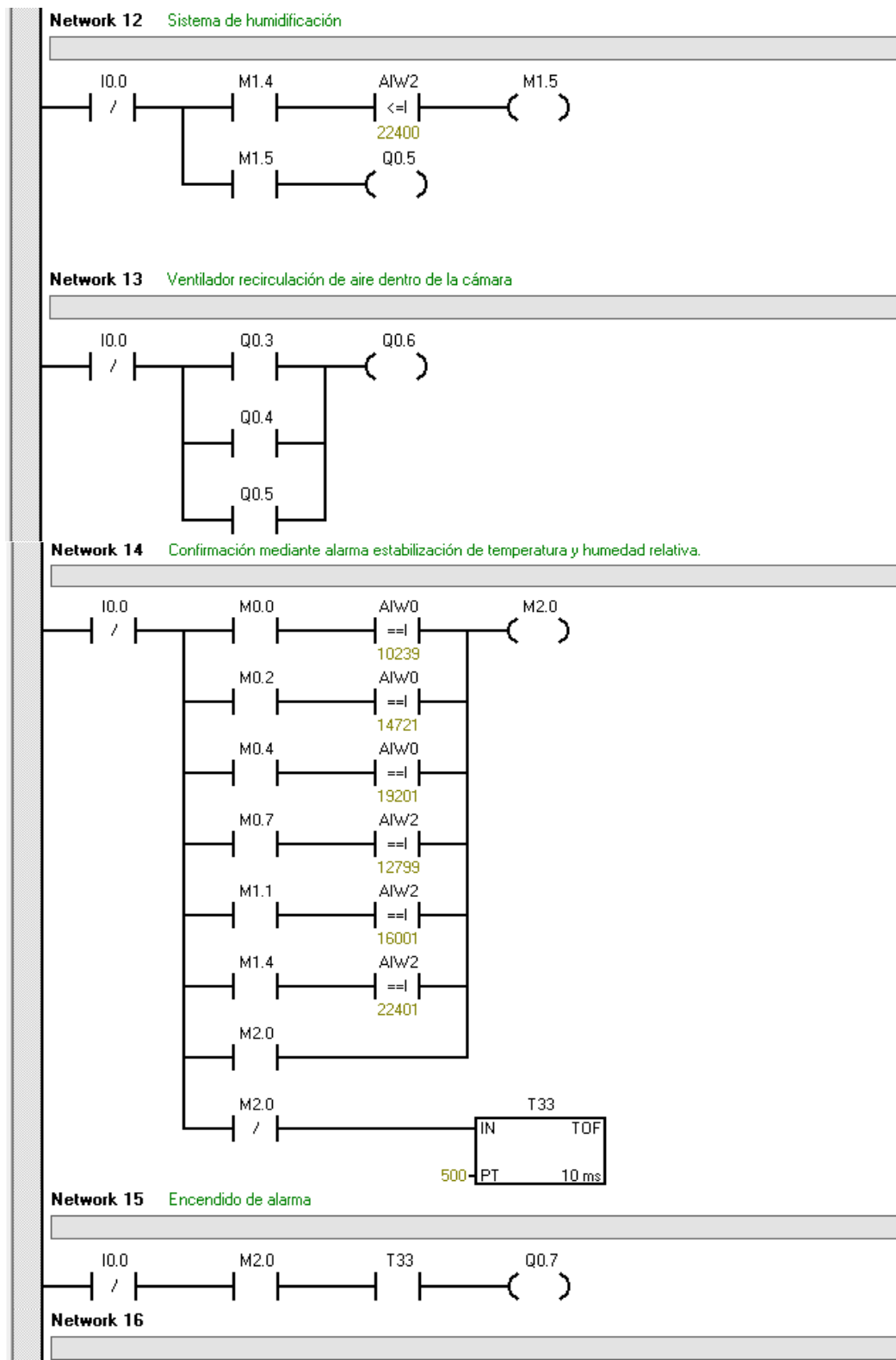


Figura N° 58: Programación en lenguaje KOP

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Cálculo de carga para humidificación

La carga de humidificación depende principalmente del índice de infiltración natural del espacio a ser humidificado introducida por medios electrónicos y/o mecánicos. La carga de humidificación H puede ser calculada por la siguiente ecuación:

$$H = \rho V_i R (w_i - w_0) - S + L \quad (6)$$

Donde:

H = Carga de humidificación (kg_{agua} / h)

ρ = Densidad del aire (kg / m^3)

V_i = Volumen interno de la cámara (m^3)

R = Cambios de aire por hora

w_i = Índice de humedad a condiciones de diseño interior (HR)

w_0 = índice de humedad a condiciones de diseño exterior (HR)

S = Contribución de fuentes de humedad internas (kg de agua / h)

L = Otras pérdidas de vapor (kg de agua / h)

(ASHRAE “ASHRAE Handbook HVAC Systems and Equipment” Editor 2008)

Demisiones internas de la vitrina

Alto: 1,015m

Ancho: 0,55m

Profundidad: 0,48m

$V_i = 0,268 m^3$

Desarrollo

ρ = Densidad del aire promedio en Quito: $0,81 kg / m^3$ (Fuente INAMHI Anexo6)

$V_i = 0,268 m^3$

$R = 1$ cambio de aire / hora

$W_i = (70)$ Porcentaje máximo de humedad relativa dentro de la cámara (diseño)

$W_0 = (50)$ Porcentaje promedio de Humedad relativa ciudad de Quito

(Fuente INAMHI)

$S =$ Despreciable (No existen otras fuentes de humedad)

$L =$ Despreciable (La cámara es herméticamente, no hay pérdidas)

$$H = 0,81 \text{ kg}/\text{m}^3 * 0,268 \text{ m}^3 * 1/\text{h} * (70 - 50) - 0 + 0$$

$$H = 4,34 \text{ kg}_{\text{agua}}/\text{h}$$

La capacidad del humidificador ultrasónico es de $1 \text{ l/h} = 1\text{kg}_{\text{agua}}/\text{h}$, para lo cual se necesitará 4 humidificadores obteniendo $4 \text{ kg}_{\text{agua}}/\text{h}$, de humidificación para el volumen interno de la cámara, el valor de 0,34 litros no es relevante puesto que las pruebas no se harán al 100% HR satisfaciendo la necesidad con $4 \text{ kg}_{\text{agua}}/\text{h}$.

Cálculo para la carga deshumidificación

Para la deshumidificación de la cámara, se seleccionó el equipo con capacidad de absorción $1 \text{ l/h} = 1\text{kg}_{\text{agua}}/\text{h}$, para lo cual se necesitara 4 deshumidificadores obtenido $4 \text{ kg}_{\text{agua}}/\text{h}$, absorbidos de humedad.

DESHUMIDIFICACIÓN 40%(HR)

- **Masa del aire en el interior de la vitrina**

$$\mathbf{m_{\text{aire-vitrina}} = (V_i) * (\rho_{\text{aire}})} \quad (7)$$

$$\mathbf{m_{\text{aire-vitrina}} = 0,268 \text{ m}^3 * (0,81 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})}$$

$$\mathbf{m_{\text{aire-vitrina}} = 0,217 \text{ kg}}$$

- **Masa de vapor de agua saturada**

- Humedad relativa = 40% (HR)

$$m_{\text{vapor agua-saturada}} = m_{\text{aire-vitrina}} * (\%HR) \quad (8)$$

$$m_{\text{vapor agua-saturada}} = (0,217 \text{ kg}) * (40\%)$$

$$m_{\text{vapor agua-saturada}} = 0,0868 \text{ kg}$$

- **Volumen contenido en la cámara**

- $\rho_{\text{agua}} = 997 \text{ kg m}^{-3}$ $T = 23^{\circ}\text{C}$

$$V = \frac{m_{\text{vapor agua-saturada}}}{\rho_{\text{agua}}} \quad (9)$$

$$V = \frac{0,0868 \text{ kg}}{997 \text{ kg m}^{-3}}$$

$$V = 8,706 * 10^{-5} \text{ m}^3 \Rightarrow \text{litros}$$

$$V = 0,0870 \text{ l}$$

Tiempo del proceso de deshumidificación

- Deshumidificador $\Rightarrow V = 1 \text{ l/h}$

$$t = \frac{V}{V} \quad (16)$$

$$t = \frac{0,0870 \text{ l}}{1 \text{ l/h}}$$

$$t = 0,087 \text{ h}$$

$$t = 5,2 \text{ minutos}$$

HUMIDIFICACIÓN 50%(HR)

- **Masa de vapor de agua saturada en la vitrina**

- Humedad relativa = 50%(HR)

$$m_{\text{vapor agua-saturada}} = m_{\text{aire-vitrina}} * (\%HR)$$

$$m_{\text{vapor agua-saturada}} = (0,217 \text{ kg}) * (50\%)$$

$$m_{\text{vapor agua-saturada}} = 0,109 \text{ kg}$$

- **Volumen contenido en la cámara**

- $\rho_{\text{agua}} = 997 \text{ kg m}^3$ $T = 23^\circ\text{C}$

$$V = \frac{m_{\text{vapor agua-saturada}}}{\rho_{\text{agua}}}$$

$$V = \frac{0,109 \text{ kg}}{997 \text{ kg m}^3}$$

$$V = 1,0932 * 10^{-4} \text{ m}^3 \Rightarrow \text{litros}$$

$$V = 0,1093 \text{ l}$$

Tiempo del proceso de humidificación

- Humidificador $\Rightarrow V = 1 \text{ l/h}$

$$t = \frac{V}{V}$$

$$t = \frac{0,1093 \text{ l}}{1 \text{ l/h}}$$

$$t = 0,1093 \text{ h}$$

$$t = 6,6 \text{ minutos}$$

HUMIDIFICACIÓN 70%(HR)

- **Masa de vapor de agua saturada en la vitrina**

- Humedad relativa = 70%(HR)

$$m_{\text{vapor agua-saturada}} = m_{\text{aire-vitrina}} * (\%HR)$$

$$m_{\text{vapor agua-saturada}} = (0,217 \text{ kg}) * (70\%)$$

$$m_{\text{vapor agua-saturada}} = 0,152 \text{ kg}$$

- **Volumen contenido en la cámara**

- $\rho_{\text{agua}} = 997 \text{ kg m}^3$ $T = 23^\circ\text{C}$

$$V = \frac{m_{\text{vapor agua-saturada}}}{\rho_{\text{agua}}}$$

$$V = \frac{0,152 \text{ kg}}{997 \text{ kg m}^3}$$

$$V = 1,5245 * 10^{-4} \text{ m}^3 \Rightarrow \text{litros}$$

$$V = 0,1524 \text{ l}$$

Tiempo del proceso de humidificación

- Deshumidificador $\Rightarrow V = 1 \text{ l/h}$

$$t = \frac{V}{V}$$

$$t = \frac{0,1524 \text{ l}}{1 \text{ l/h}}$$

$$t = 0,1524 \text{ h}$$

$$t = 9,1 \text{ minutos}$$

Cálculo de temperatura

CLIMATIZACIÓN 16°C

- Masa del aire en el interior de la vitrina

$$m_{\text{aire-vitrina}} = (V_i) * (\rho_{\text{aire}})$$

$$m_{\text{aire-vitrina}} = 0,268 \text{ m}^3 * (0,81 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})$$

$$m_{\text{aire-vitrina}} = 0,217 \text{ kg}$$

Tiempo del proceso de refrigeración

$$\Delta t = \frac{m * Cp * T_f - T_o}{Q} \quad (10)$$

$$t_f - t_o = \frac{m * Cp * T_f - T_o}{Q}$$

$$t_f = \frac{m * Cp * T_f - T_o}{Q}$$

Donde:

t_f = tiempo final (s)

m = masa de aire vitrina (kg)

Cp = calor específico ($1007 \frac{J}{\text{kg} * ^\circ\text{C}}$)

T_f = temperatura Final (16°C)

T_o = temperatura inicial (23°C)

Q = flujo de calor en la vitrina refrigerada: (2,71 kJ/s) dato proporcionado por fabricante. (Ver anexo 7).

(TERMODINÁMICA, Yanus A. Cengel, Michael A. Boles-Sexta Edición 2009)

$$t_f = \frac{(0,217 \text{ kg} * 1007 \frac{J}{\text{kg} * ^\circ\text{C}} * (16^\circ\text{C} - 23^\circ\text{C}))}{-2,71 \frac{\text{kJ}}{\text{s}}}$$

$$t_f = 564,4 \text{ s}$$

$$t_f = 9,4 \text{ minutos}$$

- **Equilibrio térmico**

- **Potencia del ventilador del refrigerador** = 0,0156 kW (Ver anexo 7)

$$Q_{total} = Q + Q_{ventilador} \quad (11)$$

Q_{total} = Flujo de calor total

Q = Flujo de calor en la vitrina refrigerada

$Q_{ventilador}$ = Flujo de calor del ventilador

Como se va a retirar calor el valor de Q es negativo

$$Q_{total} = -2,71 \text{ kW} + 0,0156 \text{ kW}$$

$$Q_{total} = -2,69 \text{ kW}$$

- **Flujo másico del aire**

$$m = \frac{m}{t} \quad (12)$$

m = Flujo másico

m = masa de la vitrina

t = tiempo

$$m_1 = \frac{0,217 \text{ kg}}{564,4 \text{ s}}$$

$$m_1 = 0,000384 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

- **Flujo volumétrico del aire**

$$V_{aire} = \frac{m_{aire}}{\rho_{aire}} \quad (13)$$

$$V_{aire\ 1} = \frac{0,000384 \frac{kg}{s}}{0,81 \frac{kg}{m^3}}$$

$$V_{aire\ 1} = 0,00047 \frac{m^3}{s}$$

CALEFACCIÓN 23°C

- **Masa del aire en el interior de la vitrina**

$$m_{aire-vitrina} = (V_i) * (\rho_{aire})$$

$$m_{aire-vitrina} = 0,268 m^3 * (0,81 \frac{kg}{m^3})$$

$$m_{aire-vitrina} = 0,217 kg$$

Tiempo del proceso de calefacción

$$t_f = \frac{m * Cp * T_f - T_o}{Q}$$

Q = flujo de calor del calefactor 2,0 kW

$$t_f = \frac{(0,217 kg * 1007 \frac{J}{kg * ^\circ C} * (23^\circ C - 16^\circ C))}{2,0 kW}$$

$$t_f = 764,8 s$$

$$t_f = 12,7 \text{ minutos}$$

- **Equilibrio térmico**

- **Potencia del ventilador del calefactor** = 0,015 kW (Ver anexo 8)

$$Q_{total} = Q + Q_{ventilador}$$

$$Q_{total} = 2,0 \text{ kW} + 0,015 \text{ kW}$$

$$Q_{total} = 2,015 \text{ kW}$$

- **Flujo másico del aire**

$$m = \frac{m}{t}$$

$$m_1 = \frac{0,217 \text{ kg}}{764,8 \text{ s}}$$

$$m_1 = 0,000284 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

- **Flujo volumétrico del aire**

$$V_{aire} = \frac{m_{aire}}{\rho_{aire}}$$

$$V_{aire\ 1} = \frac{0,000284 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{0,81 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$V_{aire\ 1} = 0,00035 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

CALEFACCIÓN 30°C

- Masa del aire en el interior de la vitrina

$$m_{\text{aire-vitrina}} = (V_i) * (\rho_{\text{aire}})$$

$$m_{\text{aire-vitrina}} = 0,268 \text{ m}^3 * (0,81 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})$$

$$m_{\text{aire-vitrina}} = 0,217 \text{ kg}$$

Tiempo del proceso de calefacción

$$t_f = \frac{m * C_p * T_f - T_o}{Q}$$

Q = flujo de calor del calefactor 2,0 kW

$$t_f = \frac{(0,217 \text{ kg} * 1007 \frac{\text{J}}{\text{kg} * ^\circ\text{C}} * (30^\circ\text{C} - 23^\circ\text{C}))}{2,0 \text{ kW}}$$

$$t_f = 764,8 \text{ s}$$

$$t_f = 12,7 \text{ minutos}$$

- Equilibrio térmico
- Potencia del ventilador del calefactor = 0,015 kW

$$Q_{\text{total}} = Q + Q_{\text{ventilador}}$$

$$Q_{\text{total}} = 2,0 \text{ kW} + 0,015 \text{ kW}$$

$$Q_{\text{total}} = 2,015 \text{ kW}$$

- **Flujo másico del aire**

$$m = \frac{m}{t}$$

$$m_1 = \frac{0,217 \text{ kg}}{764,8 \text{ s}}$$

$$m_1 = 0,000284 \frac{\text{kg}}{\text{s}}$$

- **Flujo volumétrico del aire**

$$V_{\text{aire}} = \frac{m_{\text{aire}}}{\rho_{\text{aire}}}$$

$$V_{\text{aire } 1} = \frac{0,000284 \frac{\text{kg}}{\text{s}}}{0,86 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}}$$

$$V_{\text{aire } 1} = 0,00035 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

Cálculo de la resistencia eléctrica

Tensión = 120V

Potencia = 2,0 kW

Intensidad = 16,6 A

$$\mathbf{Resistencia} = \frac{120 (V)}{16,6 (A)}$$

$$\mathbf{R} = 7,22 \Omega$$

Dimensionamiento del contactor y relé a utilizar según la potencia de los componentes utilizados en la cámara generadora de temperatura y humedad

Tabla N° 26: Potencia del refrigerador

Refrigerador	Potencia	Voltaje	Intensidad
	395 W	120 V	3,29 A

Relé a utilizar	120 V - 6A
------------------------	------------

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Tabla N° 27: Potencia del calefactor

Calefactor	Potencia	Voltaje	Intensidad
	2000 W	120 V	16,6 A

Contactador a utilizar	120 V - 20 A
-------------------------------	--------------

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Tabla N° 28: Potencia del humidificador (4 unidades)

Humidificador	Potencia	Voltaje	Intensidad
	100 W	120 V	0,83 A

Relé a utilizar	120 V - 6A
------------------------	------------

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Tabla N° 29: Potencia del deshumidificador (4 unidades)

Deshumidificador	Potencia	Voltaje	Intensidad
	104 W	120 V	0,86 A

Relé a utilizar	120 V - 6A
------------------------	------------

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Tabla N° 30: Potencia del ventilador

Ventilador	Potencia	Voltaje	Intensidad
	15,6 W	120 V	0,13 A

Relé a utilizar	120 V - 6A
------------------------	------------

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

La intensidad de corriente máxima es la del calefactor con 16,6 A, donde se utilizará un contactor de 20 A, mientras que para los demás equipos registran una baja potencia con una intensidad de máximo 6 A, donde se utilizará relés para su accionamiento.

Cálculo del conductor

La selección del conductor para la alimentación general del equipo así como para cada uno de los elementos se la efectúa en base al criterio de selección por corrientes a plena carga. Para el circuito de alimentación de un elemento inductivo se debe aumentar un 25% a la carga.

Viene dada por la siguiente fórmula:

$$I_{Total} = 1,25 * I_{EI} + \Sigma I_{pc} \quad (14)$$

I_{EI} : Corriente a plena carga del elemento mayor inductivo

I_{pc} : Corriente a plena carga

(Bratu, Instalaciones Eléctricas, 1992)

$$I_{Total} = 1,25 * I_{refrigerador} + I_{calefactor} + I_{humid.} + I_{deshum.} + I_{ventilador} \quad (15)$$

$$I_{Total} = 1,25 * 3,29 + 16,6 + 0,83 + 0,86 + 0,13$$

$$I_{Total} = 27,1 \text{ A (funcionando todos los equipos)}$$

El calibre del conductor seleccionado debido a la intensidad resultante, a una temperatura de funcionamiento hasta 60°C corresponde al AWG # 12, Anexo 9.

Cálculo y selección del conductor de cada elemento

Refrigerador $I_{Total} = 1,25 * \Sigma I_{pc} \quad (16)$

$$I_{Total} = 1,25 * 3,29$$

$$I_{Total} = 4,1 \text{ A}$$

Calefactor $I_{Total} = 1,25 * 16,6$

$$I_{Total} = 20,7 \text{ A}$$

Humidificador $I_{Total} = 1,25 * 0,83$

$$I_{Total} = 1,03 \text{ A}$$

Deshumidificador $I_{Total} = 1,25 * 0,86$

$$I_{Total} = 1,07 \text{ A}$$

Ventilador $I_{Total} = 1,25 * 0,13$

$$I_{Total} = 0,16 \text{ A}$$

El calibre del conductor seleccionado para el calefactor es el AWG #12 y para los demás elementos es el AWG #14 debido a las corrientes resultantes puesto que es el calibre mínimo para circuitos de fuerza y alumbrado a una temperatura de funcionamiento de hasta 60°C. Anexo 9. (Bratu, Instalaciones Eléctricas, 1992).

Protección térmica

La carga total instalada es de 27,1 A, el tamaño comercial de la protección corresponde a uno de 30 A, con lo cual queda protegido el sistema eléctrico.

Análisis de productividad

Proceso de calibración actual

Como se mencionó en el capítulo 4, la calibración de 2 termohigrómetros se realiza en 2,5 horas y en algunos casos se realiza una nueva recalibración del mismo instrumento puesto que el proceso de calibración actual no asegura la confiabilidad de las mediciones en cada ensayo de calibración (temperatura y humedad).



Figura N° 59: Proceso de calibración actual en temperatura.

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

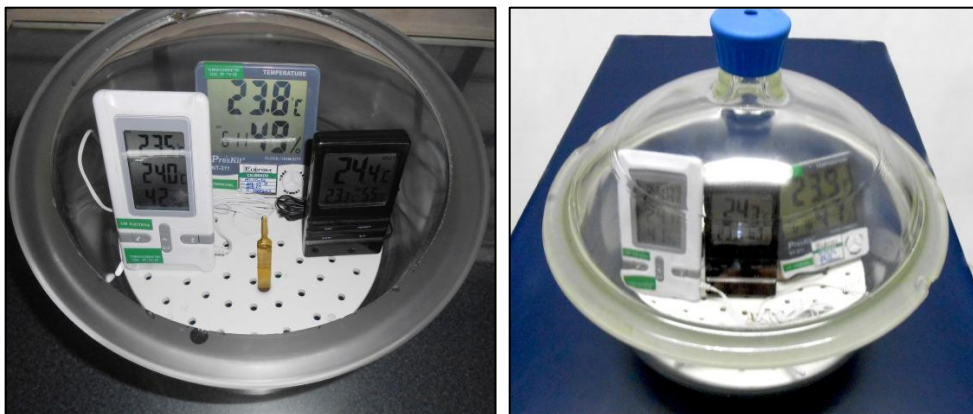


Figura N° 60: Proceso de calibración actual en humedad relativa.

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Análisis de situación actual

- **Tiempo total de calibración:** 150min => 2,5 horas
- **Cantidad de instrumentos:** 2
- **Día de trabajo:** 8 horas

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Instrumentos} * \text{Dia de trabajo}}{\text{tiempo de calibración}} \quad (17)$$

$$\text{Productividad} = \frac{2 \text{ inst.} * 8 \text{ h}}{2,5 \text{ h}} = 6 \text{ instrumentos calibrados/día}$$

La productividad actual es de 6 instrumentos calibrados/día, con alta posibilidad de realizar recalibración de los (IBC) por defecto del actual proceso, empleando recurso material y humano que al final repercuten la rentabilidad de la empresa.

Como se evidencia el laboratorio tiene un bajo rendimiento, todo ello debido a la reducida capacidad de los equipos para realizar la calibración de estos instrumentos y por el tiempo que se tarda cada variable de prueba temperatura y humedad.

Al analizar el mes de noviembre de 2015 la tabla N°13 indica que se ha realizado un total de 43 calibraciones y de está la recalibración de 5 termohigrómetros, el costo establecido por la empresa para realizar la calibración de 1 termohigrómetro es de \$53 dólares, por lo que la empresa en el mes de noviembre ha perdido \$265 dólares al realizar una nueva recalibración a dichos instrumentos.

Cabe mencionar que Tecniprecisión no cobra recargo al cliente por realizar la recalibración a un termohigrómetro.

Cámara generadora de cambios de temperatura y humedad controlada para calibración de termohigrómetros

Con la cámara que genera cambios de temperatura y humedad relativa controlada para calibración de termohigrómetros se calcula que la productividad aumentará puesto que se eliminará la recalibración todo ello porque este equipo está conformado por componentes de última tecnología que asegurará la confiabilidad del proceso de calibración obteniendo resultados veraces en las mediciones realizadas a termohigrómetros.

Con la cámara se realizarán 3 puntos de calibración en temperatura y 3 puntos de calibración de humedad relativa los tiempos en cada proceso son reducidos en comparación con el actual proceso que emplea el laboratorio de Tecnipresición.

A continuación se plantea el nuevo proceso de calibración para termohigrómetros.

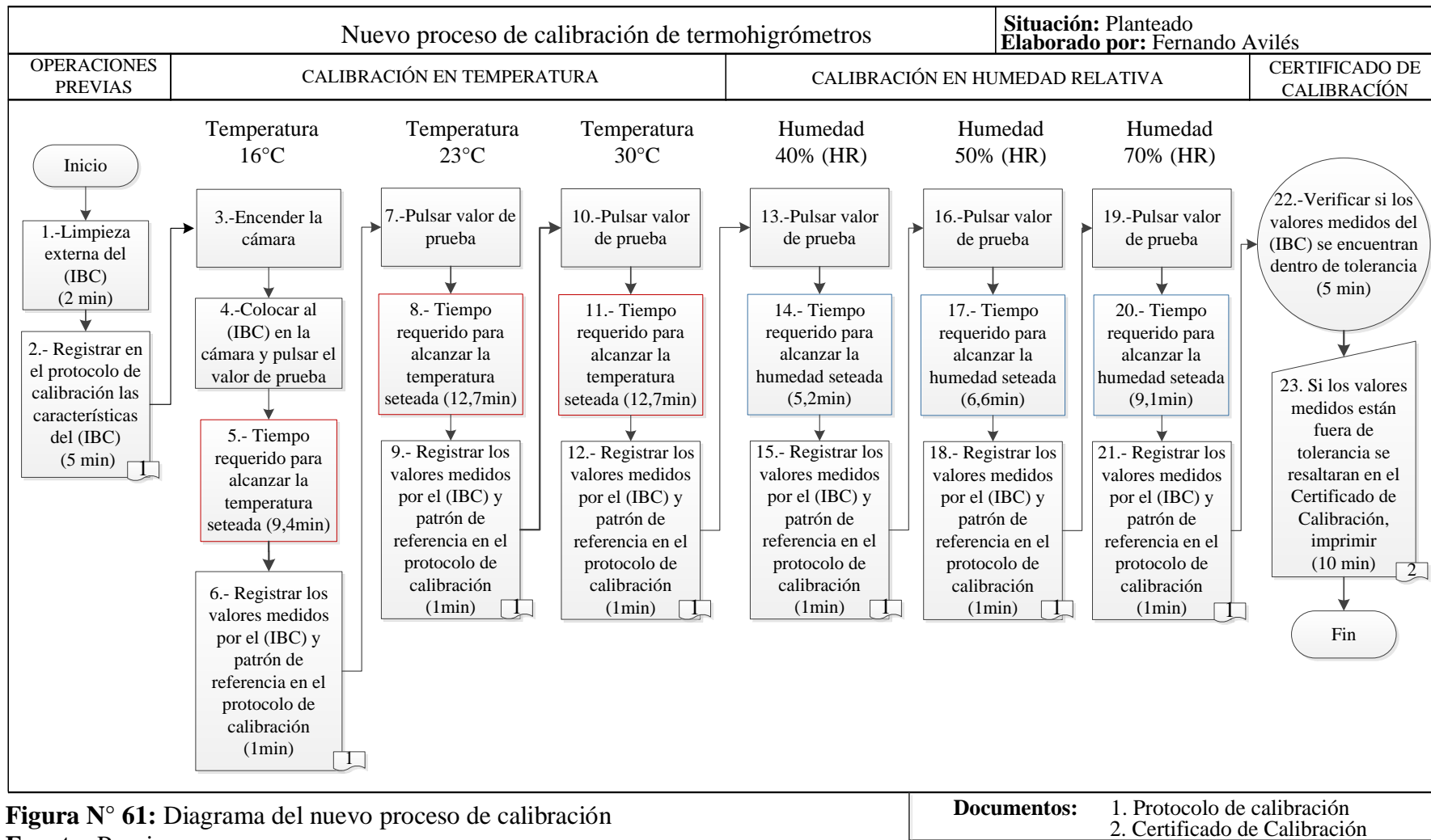


Figura N° 61: Diagrama del nuevo proceso de calibración

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Tabla N° 31: Tiempo del nuevo proceso de calibración de termohigrómetros

#	ACTIVIDADES	TIEMPO
Operaciones previas		
1	Limpieza externa del (IBC)	2 min
2	Registrar en el protocolo de calibración las características del (IBC)	5 min
Calibración en temperatura		
3	Encender la cámara	
4	Colocar al (IBC) en la cámara y pulsar el valor de prueba.	
5	Tiempo requerido para alcanzar la temperatura seteada.	9,4 min
6	Registrar los valores medidos por el (IBC) y patrón de referencia en el protocolo de calibración.	1 min
7	Pulsar el valor de prueba.	
8	Tiempo requerido para alcanzar la temperatura seteada.	12,7 min
9	Registrar los valores medidos por el (IBC) y patrón de referencia en el protocolo de calibración.	1 min
10	Pulsar el valor de prueba.	
11	Tiempo requerido para alcanzar la temperatura seteada.	12,7 min
12	Registrar los valores medidos por el (IBC) y patrón de referencia en el protocolo de calibración.	1 min
Calibración en humedad		
13	Pulsar el valor de prueba.	
14	Tiempo requerido para alcanzar la humedad seteada.	5,2 min
15	Registrar los valores medidos por el (IBC) y patrón de referencia en el protocolo de calibración.	1 min
16	Pulsar el valor de prueba.	
17	Tiempo requerido para alcanzar la humedad seteada.	6,6 min
18	Registrar los valores medidos por el (IBC) y patrón de referencia en el protocolo de calibración.	1 min
19	Pulsar el valor de prueba	
20	Tiempo requerido para alcanzar la humedad seteada.	9,1 min
21	Registrar los valores medidos por el (IBC) y patrón de referencia en el protocolo de calibración.	1 min
Certificado de calibración		
26	Verificar si los valores medidos del (IBC) se encuentran dentro de tolerancia.	5 min
27	Emitir e imprimir el Certificado de Calibración.	10 min
Tiempo total		83,7 min

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

En la cámara ingresarían aproximadamente 8 termohigrómetros para calibración. Como lo ilustra la figura N° 62.

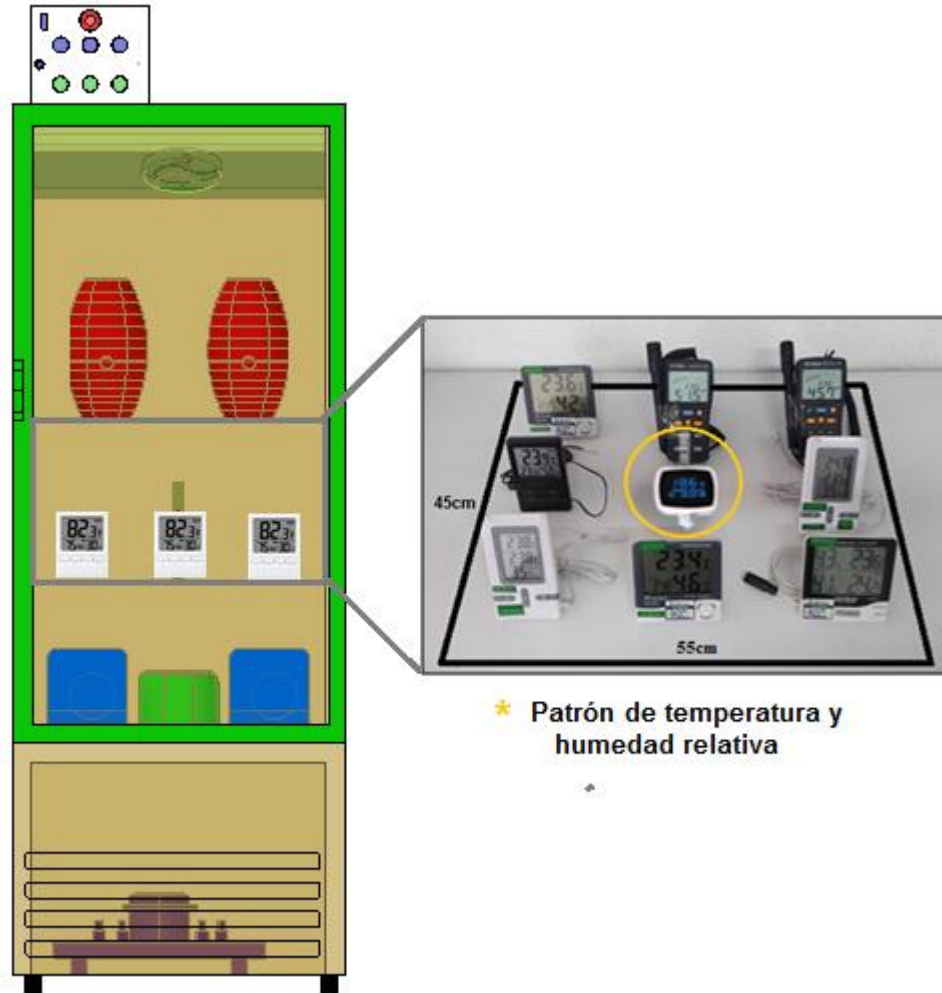


Figura N° 62: Cámara de temperatura y humedad relativa

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Análisis de productividad

Tiempo de calibración: = 83,7min => 1,4 horas

Cantidad de instrumentos: 8

Día de trabajo: 8 horas

$$\mathbf{Productividad} = \frac{\text{Instrumentos} * \text{Dia de trabajo}}{\text{tiempo de calibración}}$$

$$\mathbf{Productividad} = \frac{8 \text{ inst.} * 8 \text{ h}}{1,4 \text{ h}} = 45,7 \text{ instrumentos calibrados/Día}$$

Como se evidencia la productividad aumento en número de instrumentos calibrados y el tiempo de calibración disminuyo logrando de esta manera contribuir al desarrollo del laboratorio de temperatura de la empresa Tecniprecisión Cía. Ltda.

La reducción del tiempo total de calibración con la cámara generadora de cambios de temperatura y humedad controlada versus el actual proceso de calibración es de 1,1 horas reducidas al actual proceso.

Con el funcionamiento automatizado de la cámara para calibración de termohigrómetros se garantizará la estabilidad y confiabilidad de las mediciones, eliminando la recalibración de instrumentos y reprogramaciones que actualmente se viene dando en el laboratorio de temperatura.

Evaluación de Impacto

Estudio y Evaluación Financiera

Una vez realizada la investigación técnica de la cámara que genere cambios de temperatura y humedad controlada para calibración de termohigrómetros, se da paso a la evaluación financiera del proyecto en el cual se determinará si es o no conveniente la futura implementación de dicha cámara.

Con el resultado obtenido del análisis en este trabajo de investigación el Gerente de la empresa Tecniprecisión Cía. Ltda., tomará la decisión más acertada acerca de invertir en este proyecto.

Para una mejor apreciación teórica a continuación se da a conocer lo referente al VAN y al TIR.

En un proyecto empresarial es muy importante analizar la posible rentabilidad del proyecto y sobre todo si es viable o no; es así que cuando se desarrolla un proyecto se debe invertir un capital y se espera obtener una rentabilidad a lo largo de los años, por lo tanto esta rentabilidad debe ser mayor que una inversión con poco riesgo como por ejemplo los depósitos en entidades financieras solventes. De lo contrario es más sencillo invertir el dinero en instituciones financieras con bajo riesgo en lugar de dedicar tiempo y esfuerzo a la creación de proyectos.

Con lo anteriormente expuesto y en base a la investigación realizada es de gran relevancia dar a conocer la existencia de dos parámetros muy usados a la hora de calcular la viabilidad de un proyecto como lo es el VAN (Valor Actual Neto) y el TIR (Tasa Interna de Retorno).

Valor Actual Neto (VAN)

El VAN es un indicador financiero que mide los Flujos de Caja de los futuros ingresos y egresos que tendrá un proyecto para determinar si luego de descontar la inversión inicial, quedaría alguna ganancia:

Es decir:

- $VAN > 0 \rightarrow$ el proyecto es rentable.
- $VAN = 0 \rightarrow$ significa que la rentabilidad del proyecto es la misma que colocar los fondos en el mercado financiero con un interés equivalente a la tasa de descuento utilizada.
- $VAN < 0 \rightarrow$ el proyecto no es rentable.

Por tanto una vez determinado el VAN de un proyecto de inversión podremos determinar si dicho proyecto es viable o no, además permite establecer cuál proyecto es el más rentable entre varias opciones de inversión.

La fórmula del (VAN) es:

$$VAN = -I + \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{1 + r^n} \quad (18)$$

- I: inversión inicial
- Q_n : flujo de fondos anuales
- n: tiempo del proyecto en periodos
- r: tasa de descuento

Tasa Interna de Retorno (TIR)

Se denomina Tasa Interna de Retorno a la tasa de descuento que hace que el Valor Actual Neto de una inversión sea igual a cero, el término interna se refiere al hecho de que su cálculo no incorpora factores externos.

A la vez la TIR es utilizada para dar a conocer la tasa interna de rentabilidad o de retorno de un proyecto de inversión, puesto que ayuda a conocer la rentabilidad que genera un proyecto de inversión que requiere una serie de desembolsos a lo largo del tiempo la misma que permite obtener una serie de ingresos. Así también la T.I.R es un indicador de rentabilidad del proyecto con la reinversión de los flujos netos de efectivo dentro del negocio y se expresa en porcentaje.

Finalmente es importante que la evaluación de los proyectos de inversión se la realice con base en la Tasa Interna de Retorno, tomando como referencia la tasa de descuento.

- Si la TIR es alta o mayor que la tasa de descuento, estamos ante un proyecto empresarial rentable pues estima un rendimiento mayor al mínimo requerido.
- Si la TIR es baja o menor que la tasa de descuento, el proyecto se debe rechazar pues estima un rendimiento menor al mínimo requerido y posiblemente podríamos encontrar otro destino para nuestro dinero.

La fórmula del (TIR) es:

$$TIR = \sum_{n=1}^N \frac{Q_n}{1 + r^n} - I = 0 \quad (19)$$

- r: T.I.R buscada

Una vez analizada la teoría de estas importantes herramientas financieras se da paso a la aplicación práctica, para ello es importante saber que la empresa Tecnipresición Cía. Ltda., realizará una inversión inicial de \$ 3355.00

En la tabla que se presenta a continuación se detallan los costos de los componentes de la cámara, costo del montaje e instalación eléctrica, los documentos de respaldo se encuentran en los Anexos 10, 11, 12, 13 y 14.

Tabla N° 32: Inversión Inicial

DENOMINACIÓN	CANT.	VALOR UNIT. (USD)	VALOR TOTAL (USD)
Refrigerador tipo vitrina (exhibidor) 120VAC- 395W	1	750.00	750.00
Deshumidificador 120VAC-25W	4	45.99	183.96
Humidificador ultrasónico 120VAC - 26W	4	45.56	182.24
Calefactor termoeléctrico 120VAC - 2000W	1	37.75	37.75
Transmisor de temperatura y humedad (OUT 4-20mA)	1	179.44	179.44
Calibración del transmisor en el INEN	1	112.00	112.00
PLC S7-200 CPU 224 / 220VAC - 60Hz	1	382.16	382.16
Modulo siemens EM 235	1	136.00	136.00
Pulsador con luz piloto NA	6	6.40	38.40
Pulsador tipo hongo NC	1	3.60	3.60
Contactador (120 VAC - 15A)	1	24.70	24.70
Relé 8 pines (120 VAC - 6A)	4	12.30	49.20
Cable de control AWG# 18 flex.	8	0.41	3.28
Cable para fuerza AWG# 14 sol.	8	0.59	4.72
Cable para fuerza AWG# 12 sol.	4	0.74	2.96
Interruptor magnetotérmico (23 A)	1	3.35	3.35
Prensa estopa de 1/2"	1	0.50	0.50
Canaleta plástica (100*0,15*0,1 cm)	2	2.10	4.20
Riel din (100*0,35*0,075cm)	1	5.00	5.00
Tablero de control (22*22*20 cm)	1	36.21	36.21
Tira Flexible led (36W *0,1*100 cm)	2	7.50	15.00
Montaje e instalación eléctrica	1		1200.00
TOTAL			3354.67

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Tabla N° 33: Ingresos

Años	Ventas Anuales
1	\$46.800,00
2	\$51.480,00
3	\$56.628,00
4	\$62.290,80
5	\$68.519,88

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Se estima que los ingresos se incrementarán en un 10% cada año, asumiendo que se calibrarán 60 equipos mensuales a \$65.00 (precio de venta).

Tabla N° 34: Costos

Años	Costos Anuales
1	\$38.160,00
2	\$41.976,00
3	\$46.173,60
4	\$50.790,96
5	\$55.870,06

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Se estima que los costos se incrementarán en un 10% cada año, asumiendo que se calibrarán 60 equipos mensuales a \$53.00 (costo).

Tabla N° 35: Gastos

Concepto	Valor (USD) mensual	Valor (USD) 1er año	Valor (USD) 2do al 5to año
Sueldo Técnico (básico)	366.00	4392.00	4392.00
Décimo tercer sueldo	30.50	366.00	366.00
Décimo cuarto sueldo	30.50	366.00	366.00
Aporte IESS	44.47	533.64	533.64
Fondo de reserva (a partir del segundo año)	30.50		366.00
TOTAL		5657.64	6023.64

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Cada año se debe incurrir en mantenimiento el mismo que asciende a \$ 100.00 el primer año a partir del segundo se incrementará en \$50.00

Para efectuar el análisis financiero se considera la Tasa Pasiva Efectiva Referencial según el Banco Central del Ecuador al 31 de diciembre del 2016. Ver anexo 15.

A la vez se toma en cuenta la inflación según el Banco Central del Ecuador al 31 de diciembre del 2016. Ver anexo 16.

Con los datos antes expuestos se procede a calcular un promedio en base a la sumatoria mensual de la inflación, de la siguiente manera:

$$\text{Inflación} = 1.12\% + 1.05\% + 1.31\% + 1.30\% + 1.42\% + 1.58\% + 1.59\% + 1.63\% + 1.78\% + 2.32\% + 2.60\% + 3.09\%$$

$$\text{Inflación} = 20.79\% / 12$$

$$\text{Inflación} = 1.73\%$$

Con lo expuesto determinamos la tasa de descuento:

$$\text{Tasa de descuento} = (\text{Tasa Pasiva Efectiva Referencial} + \text{Inflación}) + (\text{Tasa Pasiva Efectiva Referencial} * \text{Inflación})$$

$$\text{Tasa de descuento} = (5.12\% + 1.73\%) + (5.12\% * 1.73\%)$$

$$\text{Tasa de descuento} = (6.85\%) + (8.8576)$$

$$\text{Tasa de descuento} = 15.7076 \%$$

Desarrollo

Tabla N° 36: Flujo de Efectivo de Caja

Concepto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
A.- Flujo de beneficio						
Ingreso por ventas		\$ 46.800,00	\$ 51.480,00	\$ 56.628,00	\$ 62.290,80	\$ 68.519,88
A=Total beneficios	\$ -	\$ 46.800,00	\$ 51.480,00	\$ 56.628,00	\$ 62.290,80	\$ 68.519,88
B.- Flujo de costos y gastos						
Inversión fija	-\$3.355,00					
Costo de ventas		\$38.160,00	\$41.976,00	\$46.173,60	\$50.790,96	\$55.870,06
Gastos de administración y ventas		\$5.657,64	\$ 6.023,64	\$ 6.023,64	\$ 6.023,64	\$ 6.023,64
Mantenimiento			\$100,00	\$ 150,00	\$ 200,00	\$ 250,00
B= Total costos y gastos	-\$3.355,00	\$43.817,64	\$48.099,64	\$52.347,24	\$57.014,60	\$62.143,70
C.- Flujo económico (A-B)	-\$3.355,00	\$2.982,36	\$3.380,36	\$4.280,76	\$5.276,20	\$6.376,18
MENOS						
15% participación de trabajadores		\$447,35	\$507,05	\$642,11	\$791,43	\$956,43
22% impuesto a la renta		\$557,70	\$632,13	\$800,50	\$986,65	\$1.192,35
Flujo neto financiero	-\$3.355,00	\$1.977,30	\$2.241,18	\$2.838,14	\$3.498,12	\$4.227,41

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

Cálculo del VAN

$$\text{VAN} = -\$3.355,00 + \frac{\$1.977,3047}{(1+0,157076)^1} + \frac{\$2.241,1787}{(1+0,157076)^2} + \frac{\$2.838,1439}{(1+0,157076)^3} + \frac{\$3.498,1206}{(1+0,157076)^4} + \frac{\$4.227,4100}{(1+0,157076)^5}$$

$$\text{VAN} = -\$3.355,00 + \frac{\$1.977,3047}{1,157076} + \frac{\$2.241,1787}{1,338825} + \frac{\$2.838,1439}{1,549122} + \frac{\$3.498,1206}{1,792452} + \frac{\$4.227,4100}{2,074003}$$

$$\text{VAN} = -\$3.355,00 + 1708,8806 + 1673,9894 + 1832,0982 + 1951,5839 + 2038,2852$$

$$\text{VAN} = \$5.849,84$$

Cálculo del TIR

Es de gran relevancia dar a conocer que en la búsqueda de la TIR se ha empleado la hoja de cálculo Excel, herramienta que facilita la obtención de un valor acertado, para lo cual éste da como resultado 67.359%

A manera de comprobar que la tasa TIR es la correcta la reemplazamos de la siguiente manera:

$$\text{TIR} = \frac{\$1.977,30}{(1+0,67359)^1} + \frac{\$2.241,18}{(1+0,67359)^2} + \frac{\$2.838,14}{(1+0,67359)^3} + \frac{\$3.498,12}{(1+0,67359)^4} + \frac{\$4.227,41}{(1+0,67359)^5} - \$3.355,00$$

$$\text{TIR} = \frac{\$1.977,30}{1,67359} + \frac{\$2.241,18}{2,80089} + \frac{\$2.838,14}{4,68753} + \frac{\$3.498,12}{7,84499} + \frac{\$4.227,41}{13,12926} - \$3.355,00$$

$$\text{TIR} = 1181,47496 + 800,16652 + 605,46669 + 445,90523 + 321,98386 - \$3.355,00$$

$$\text{TIR} = 3.355,00 - 3.355,00 = 0.00$$

Como se puede apreciar la Tasa Interna de Retorno reemplaza a la tasa de descuento, lo que permite que el Valor Actual Neto de una inversión sea igual a cero, comprobando que la TIR es correcta.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Al realizar la investigación sobre el funcionamiento de una cámara climatizada se puede apreciar la tecnología y precisión de sus componentes con la cual fue diseñada para efectuar pruebas en temperatura y humedad garantizando con ello la calidad de los resultados, lo cual contribuyo para diseñar una con similares características y seleccionar los componentes más óptimos que conformarán la cámara generadora de cambios de temperatura y humedad controlada para calibración de termohigrómetros.
- Mediante la aplicación del PLC siemens S7-200/CPU 224 se realizó el diseño del control eléctrico para la automatización de la cámara en los sistemas de climatización y calefacción variables que conforma la calibración en temperatura, para el sistema de humidificación y deshumidificación variables que conforma la calibración en humedad obteniendo un proceso automático, eficiente y controlado de calibración.
- El Valor Actual Neto y la Tasa Interna de Retorno son dos herramientas matemáticas financieras que permiten evaluar la rentabilidad de un proyecto de inversión y como se puede apreciar en base al análisis del VAN, el proyecto objeto de estudio es viable puesto que demuestra que aporta una rentabilidad (TIR 67.359%) por encima de la tasa de descuento (15.7076%) y sin necesidad de recurrir al endeudamiento, es decir se demuestra que en el tiempo se devuelve el capital invertido más una ganancia adicional.

Recomendaciones

- Se recomienda optar por la implementación de la cámara generadora de cambios de temperatura y humedad controlada para calibración de termohigrómetros en el laboratorio de temperatura puesto que la misma está diseñada con componentes de última tecnología para obtener resultados confiables y de calidad en cada uno de sus procesos temperatura y humedad relativa.
- Se recomienda que de ser implementado este proyecto se utilice los equipos y/o componentes con los cuales se realizó esta investigación puesto que en base a sus características de eficiencia, diseño y precisión se realizó el diseño de la automatización para el funcionamiento de cada proceso de la cámara generadora de cambios de temperatura y humedad controlada.
- Es recomendable que el Gerente de Tecniprecisión Cía. Ltda., implemente éste proyecto de inversión ya que al analizar el VAN y la TIR demuestran que es óptimo el desarrollo e implementación de la cámara generadora de cambios de temperatura y humedad para calibración de termohigrómetros. Además la ejecución del proyecto va a permitir que los clientes se fidelicen para con la empresa ya que no van a necesitar recurrir a la competencia para solventar sus necesidades puesto que Tecniprecisión Cía. Ltda., brindará un servicio de calidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. **Políticas y líneas de investigación** Universidad Tecnológica Indoamérica línea de Empresarialidad y Productividad, UTI (2011). [Consultado el 03 de marzo 2016]. Disponible en: http://www.uti.edu.ec/documents/LINEAS_DE_INVESTIGACION_2011.pdf
2. **Centro Nacional de Metrología.** [Consultado el 03 de marzo 2016]. Disponible en: <http://www.cenam.mx/quienes.aspx>
3. **Instituto Ecuatoriano de Normalización, NTE INEN-OIML, INSTRUMENTOS DE PESAR NO AUTOMÁTICOS. PARTE 1: REQUISITOS METROLÓGICOS Y TÉCNICOS. ENSAYOS R 76-1:2013.** [Consultado el 05 de marzo 2016]. Disponible en: http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/NORMAS_2014/ACO/17122014/nte-inen-oiml-r-76-1.pdf
4. **Metrología metrotecnia industrial Guadalajara.** [Consultado el 06 de marzo 2016]. Disponible en: http://metroing.mex.tl/123395_METROLOGIA.html
5. **Sistema interamericano de metrología.** [Consultado el 06 de marzo 2016]. Disponible en: <http://www.sim-metrologia.org.br/spanol/>
6. **Comunidad Andina.** [Consultado el 06 de marzo 2016]. Disponible en: <http://www.comunidadandina.org/Seccion.aspx?id=104&tipo=TE&title=metrologia>
7. **Instituto Ecuatoriano de Normalización.** Dirección Técnica de Metrología; [Consultado el 08 de marzo 2016]. Disponible en: <http://www.normalizacion.gob.ec/informacion-metrologia/>
8. **El Centro de Metrología del Ejército Ecuatoriano.** [Consultado el 08 de marzo 2016]. Disponible en: <http://cmee.mil.ec/metrologia/>
9. **Servicio de Acreditación Ecuatoriano.** [Consultado el 08 de marzo 2016]. Disponible en: <http://www.acreditacion.gob.ec/oficinas/>
10. **Instituto ecuatoriano de normalización,** Requisitos Generales para la Competencia de los laboratorios de Ensayo y de Calibración, NTE INEN-ISO/IEC 17025:2006. [Consultado el 10 de marzo 2016]. Disponible en: http://www.normalizacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/NORMAS_2014/ACO/17122014/nte-inen-iso-iec-17025-conf-ext.pdf
11. **Vicente Laguna Sebastián Cristóbal.** (2013). Establecimiento de un sistema de aseguramiento metrológico conforme a la norma NTE, ISO 10012:2007 para el laboratorio de calibración de instrumentos de longitud INEN, (p. 174).

12. **Myriam Janeth Mafla Alvear y Mayra Ortiz Guachamin.** (2007). Metodología para certificar la calibración de analizadores de gases y opacímetros, (p. 155).
13. **Luis Alfredo Rodríguez,** Metrología conceptos y definiciones, [Consultado el 11 de marzo 2016]. Disponible en: (http://drupal.puj.edu.co/files/OI073_Luis%20Alfredo%20Rodriguez.pdf), (p. 01).
14. **Centro Español de Metrología,** Glosario de términos, [Consultado el 12 de marzo 2016]. Disponible en: http://www.cem.es/cem/metrologia/glosario_de_terminos?page=10
15. **Dña. Beatriz Rivera Romero.** (2015). Uso del concepto de trazabilidad metrológica por los laboratorios de calibración, [Consultado el 12 de marzo 2016]. Disponible en: https://www.enac.es/documents/7020/563119/Doc_ENAC_CEM_trazabilidad/4c53078c-e94a-42ee-a063-cdf4c13f7cb3 (p.02).
16. **Sistema Internacional de Unidades.** [Consultado el 12 de marzo 2016]. Disponible en: <http://www.agalano.com/Cursos/MetExpI/SIU.pdf>
17. **Sebastián Esquivel Díaz.** (2011). Instrumentos de medición, [Consultado el 12 de marzo 2016]. Disponible en <http://es.slideshare.net/sebasesquivel/instrumentos-de-medicin-9619221> (p. 02).
18. **Vocabulario Internacional de metrología.** (2012, 3ra Edición). Conceptos fundamentales y generales, y términos asociados, [Consultado el 17 de marzo 2016]. Disponible en: <http://www.cem.es/sites/default/files/vim-cem-2012web.pdf>
19. **AENOR.** (1999). Metrología Práctica de la Medida en la Industria, (p. 183).
20. **Silvia Medrano Guerra, La Guía Metas.** (2002). Termopares, [Consultado el 12 de Abril 2016]. Disponible en: <http://www.metas.com.mx/guiametas/La-Guia-MetAs-02-07-TC.pdf>
21. **Bratu,** Instalaciones Eléctricas, 1992
22. **ASHRAE** “ASHRAE Handbook HVAC Systems and Equipment” Editor 2008.

ANEXOS Y PLANOS

Anexo 1. Equipos empleados en el proceso de calibración de termohigrómetros con capacidad para 2 instrumentos (IBC color blanco) y patrón de referencia (color negro).

Calibración en temperatura

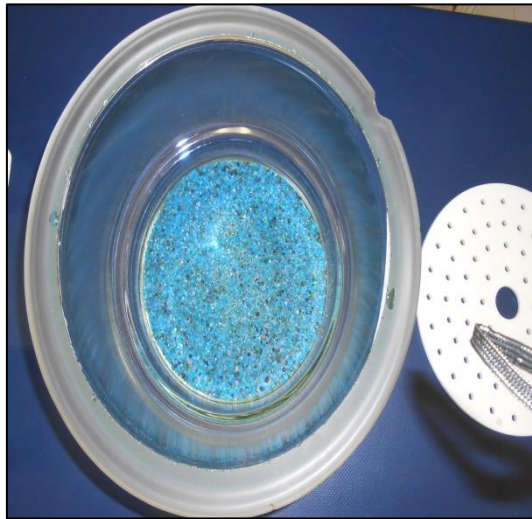


Enfriador para calibración de temperatura a 15°C



Bloque seco de temperatura para calibración a 35°C

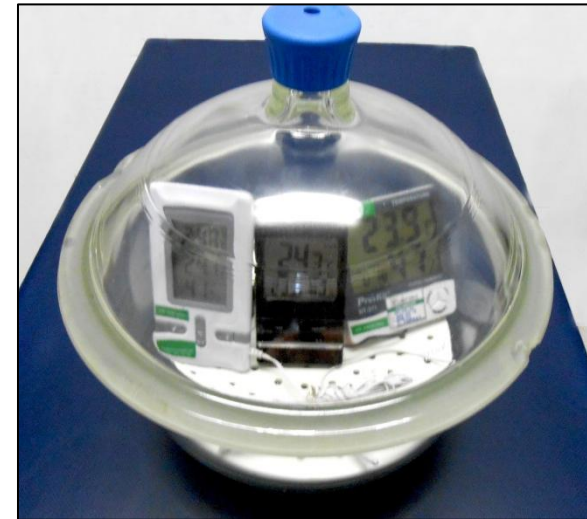
Calibración en humedad relativa



Colocación de gel silica en el desecador para absorción de humedad 40%HR



Colocación del estándar de humedad en el desecador para calibración a 60%HR



Calibración para humedad relativa

Anexo 2. Laboratorio de temperatura de la empresa Tecniprecisión.



Anexo 3. Extracto de Norma NTE INEN ISO/IEC 17025:2006 numeral 5.3.1

5.2.5 La dirección debe autorizar a miembros específicos del personal para realizar tipos particulares de muestreos, ensayos o calibraciones, para emitir informes de ensayos y certificados de calibración, para emitir opiniones e interpretaciones y para operar tipos particulares de equipos. El laboratorio debe mantener registros de las autorizaciones pertinentes, de la competencia, del nivel de estudios y de las calificaciones profesionales, de la formación, de las habilidades y de la experiencia de todo el personal técnico, incluido el personal contratado. Esta información debe estar fácilmente disponible y debe incluir la fecha en la que se confirma la autorización o la competencia.

5.3 Instalaciones y condiciones ambientales

5.3.1 Las instalaciones de ensayos o de calibraciones del laboratorio, incluidas, pero no en forma excluyente, las fuentes de energía, la iluminación y las condiciones ambientales, deben facilitar la realización correcta de los ensayos o de las calibraciones.

El laboratorio debe asegurarse de que las condiciones ambientales no invaliden los resultados ni comprometan la calidad requerida de las mediciones. Se deben tomar precauciones especiales cuando el muestreo y los ensayos o las calibraciones se realicen en sitios distintos de la instalación permanente del laboratorio. Los requisitos técnicos para las instalaciones y las condiciones ambientales que puedan afectar a los resultados de los ensayos y de las calibraciones deben estar documentados.

Anexo 4. Tiempo empleado en la calibración de termohigrómetros agosto 2015.

Tabla N° 37: Tiempo promedio de calibración y recalibración.

Agosto 2015					
	Día	Instrumentos calibrados	Tiempo empleado (horas)	Recalibración de instrumentos	Tiempo empleado (horas)
SEMANA 1	1	2	2,5		
	2	3	5	1	2,5
	3	4	5		
	4	0	0		
	5	5	7,5	1	2,5
SEMANA 2	6	4	5		
	7	5	7,5		
	8	0	0		
	9	4	5		
	10	4	5	1	2,5
SEMANA 3	11	6	7,5		
	12	5	7,5	1	2,5
	13	4	5		
	14	2	2,5	1	2,5
	15	4	5		
SEMANA 4	16	5	7,5	1	2,5
	17	2	2,5		
	18	3	5		
	19	3	5		
	20	2	2,5	1	2,5
Total		67	92,5	7	17,5

Tiempo promedio de calibración	1,38 (horas)	Tiempo promedio de recalibración	2,50 (horas)
---------------------------------------	-----------------	---	-----------------

Fuente: Propia

Elaborado por: Investigador

El tiempo promedio empleado en la recalibración de termohigrómetros es de 3,88 horas, con un incremento promedio del 281% por la recalibración de termohigrómetros.

Anexo 5. Extracto del procedimiento de calibración del Centro Español de Metrología TH-007.

PROCEDIMIENTO TH- 007 PARA LA CALIBRACIÓN DE MEDIDORES DE CONDICIONES AMBIENTALES DE TEMPERATURA Y HUMEDAD EN AIRE



MINISTERIO
DE INDUSTRIA, TURISMO
Y COMERCIO



5.- DESCRIPCIÓN

5.1.- Equipos y materiales

Para la calibración contemplada en este procedimiento serían necesarios los siguientes equipos y materiales:

- Un termo-higrómetro digital patrón con dos sondas, preferiblemente con incertidumbre de calibración del orden del 1,0 %hr o mejor en humedad relativa y de 0,10 °C o mejor en temperatura, para un nivel de confianza aproximadamente del 95 %.
- Medio isoterma generador de temperatura y humedad controlada con funcionamiento en el margen de calibración del instrumento, caracterizado en estabilidad y uniformidad, tanto en temperatura como en humedad

La calibración por comparación se realiza utilizando generadores de temperatura y/o humedad relativa, es decir, un medio isoterma donde se crea un volumen útil con una uniformidad y estabilidad, tanto en temperatura como en humedad relativa, previamente evaluado y caracterizado en las condiciones de uso. Los medios generadores pueden ser: cámaras climáticas o cámaras de generadores de humedad.

Anexo 6. Densidad del aire en la provincia de Pichincha.

**DIRECCIÓN DE PRONÓSTICOS Y ALERTAS
HIDROMETEOROLÓGICOS**

LA DIRECCIÓN DE PRONÓSTICOS Y ALERTAS HIDROMETEOROLÓGICOS emite el presente basándose en la información que se obtiene de la red de superficie, satelital y modelos numéricos en el Distrito Metropolitano de Quito y los cantones de la provincia de Pichincha.

Densidad del aire provincia de Pichincha			
Presión atmosférica:	728.5	hPa	incertidumbre ± 0.1 hPa
Temperatura ambiente:	22	°C	incertidumbre ± 1.0 °C
Humedad relativa en:	50	%	incertidumbre ± 10 %
Densidad del aire:	0.8108	kg/m ³	incertidumbre ± 0.003 kg/m ³

Anexo 7. Ficha técnica vitrina refrigerada Indurama VFV- 400

INDURAMA
INDUGLOB S.A.

Cover Page

Data sheet

2016-03

Performance data

General Information

Compressor Model	AKA4476YXD	Oil Charge
Application	High	Heat Pump
Evaporating	+E920F to +55F	Displacement
Rating Conditions	ARI	BTUH
Rating Point	+45F	Horse Power
Refrigerant	R-134A	Discharge line size
Pipeline	Copper	Φ6 mm
Voltage (60Hz)	Range 120 V	± 6%
Wire	AWG	14
Satar Capacitor Mfd/Volt	130-150/250	Motor Torque
Power Watts /BT U	395 W	1347/BTU/H
Maximun Current	4.0	Amp
Relay Box	AE1227-031	Integral Relay Box
Composition	Metal sheet	1.8mm
Aislant	PVC	Foam
Tempered glass	Covered	5.0mm
Outer material	Fine Plastics	
Adherent	Rubber type	magnet
Cold Lighting	Led	Strip
Temperature Control	Adjustable	Digital
Heat flux	Q	$2.71 \frac{kJ}{s} \approx 22.75^{\circ}C$
Hysteresis Control	°C	$\Delta t \approx 1.0$
Range Temperature	°C	0 -10
Internal fan (60Hz)	Range 120 V ±6%	15.6 W -2700 rpm - 5 Fins -Φ 12cm
System	No Frost	
Grills 4	Vinyl	Anticorrosion
Size	(a)-(b)-(c)	(162)-(62)-(55) cm
Weight	kg	70
Color	White	



VFV-400

A++

Anexo 8. Ventilador del calefactor (Motor espira de sombra)

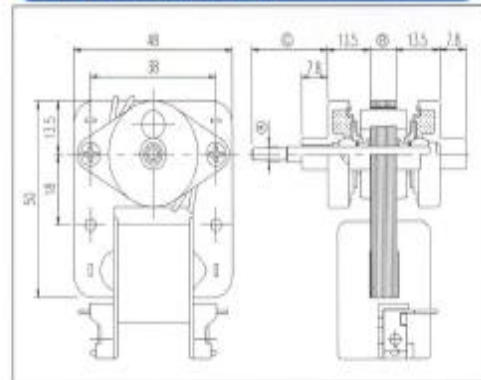
AC SHADED POLE INDUCTION MOTOR

CHARACTERISTICS

TYPE	LOAD						DIMENSION			INS. CLASS	WATER. PROOF.
	V	Hz	P1(W)	RPM	TORQUE (kg · cm)		A (φ)	B (mm)	C (mm)		
					MAXIMUM TORQUE	STARTING TORQUE					
2208	120 ± 5%	50	8	2700~2850	0.011~0.029	0.007~0.029		8		A, E, B	X
		60	15	2700~2850	0.016~0.114	0.016~0.095					



DIMENSIONS



Anexo 9. Capacidades de corriente de conductores de cobre aislados AWG

Tipo de aislam.	THWN, RUW, T, TW, TWD, MTW		RH, RHW, THW, THWN, DF, XHHW, RUH		PILC, V, MI		TBS, AVB SIS, THHW TA, SA, FEP THW, RHH EP, MTV, XHHW*	
Temp. máxima	60 °C		75 °C		85 °C		90 °C	
Calibre AWG/MCM	en al tubo aire		en al tubo aire		en al tubo aire		en al tubo aire	
14	15	20	15	20	25	30	25	30
12	20	25	20	25	30	40	30	40
10	30	40	30	40	40	55	40	55
8	40	55	45	65	50	70	50	70
6	55	80	65	95	70	100	70	100
4	70	105	85	125	90	135	90	135
3	80	120	100	145	105	155	105	155
2	95	140	115	170	120	180	120	180
1	110	165	130	195	140	210	140	210
0	125	195	150	230	155	245	155	245
00	145	225	175	265	185	285	185	285
000	165	260	200	310	210	330	210	330
0000	195	300	230	360	235	385	235	385
250	215	340	255	405	270	425	270	425
300	240	375	285	445	300	480	300	480
350	260	420	310	505	325	530	325	530
400	280	455	335	545	360	575	360	575
500	320	515	380	620	405	660	405	660
600	355	575	420	690	455	740	455	740
700	385	630	460	755	490	815	490	815
750	400	655	475	785	500	845	500	845
800	410	680	490	815	515	880	515	880
900	435	730	520	870	555	940	555	940
1000	455	780	545	935	585	1000	585	1000

Anexo 10. Cotización Material eléctrico

MATELEC Av. Cusubamba OE6-39 y Av. Mariscal Sucre QUITO - ECUADOR Teléf. 2962100 / 2842310 e- mail: gerencia@matelec.com.ec R.U.C. 0201449816001		Pág. 1
PROFORMA No. 0001020		
Cliente: Fernando Avilés Dirección: Av. 10 de Agosto mail: electrica@tecniprecision.com ENTREGA: 48 HORAS	Fecha: 05/06/2016 Forma de Pago: Contado Teléfono: 6035811 Vendedor: Enrique	

CODIGO	DESCRIPCION	CANT.	VALOR UNIT.	% DS	VALOR TOTAL
7 100229955	SIEMENS PLC S7-200 CPU 224 ; 220VAC - 60Hz (14 ENTRADAS / 10 SALIDAS); SOFTWARE MICROWIND Y CABLE SERIAL/USB	1	335,228		335,23
7 100229958	SIEMENS MODULO EXP. EM 235 (4 ENTRAS ANALOGICAS / 2 SALIDAS ANALOGICAS)	1	119,30		119,30
7 100229765	PULSADOR NA CON LUZ PILOTO CAMSCO (AMA /AZUL)	6	5,61		33,68
7 100229735	PULSADOR STOP TIPO HONGO ROJO	1	3,16		3,16
7 100224015	INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO (23A)	1	2,94		2,94
7 100224007	CONTACTOR MC-9B / 120 AC - 15A	1	21,67		21,67
7 100224021	RELE FINDER 8 PINES / 120 AC - 6 A	4	10,79		43,16
7 100124111	CONDUTOR AWG FLEX. 18	8	0,36		2,88
7 100124105	CONDUTOR AWG SOL. 14	8	0,52		4,14
7 100124103	CONDUTOR AWG SOL. 12	4	0,65		2,60
7 100124001	PRENSA ESTOPA 1/2	1	0,50		0,50
7 100224042	CANALETA PLASTICA (100*0,15*0,1 CM)	2	1,84		3,68
7 100224153	RIEL DIN (100*0,35*0,075CM)	1	4,39		4,39

VENDEDOR: ENRIQUE TOBAR

DESCUENT.	0,00
SUBTOTAL	577,32
IVA 14%	80,82
FLETE	0,00
TOTAL	658,14

Anexo 11. Cotización de transmisor de temperatura y humedad



SENSORTECSA S.A.
INSTRUMENTACION AUTOMATIZACION Y CONTROL

Urdenor 2 Maz 245 Solar 28 Av. Juan Tanco Marengo
Telefax: 046041786 / 046401785
Móvil: 0991402786 / 0991402780
E-mail: info@sensor-tecsa.com
Guayaquil - Ecuador

Bonifaz Cumba N20-28 y Pasaje Nagola (Sector de la Rumiñahui)
Teléfono: (02) 6043230
Móvil: 091402790 / 0997813919
E-mail: info@sensor-tecsa.com
Quito

Av. Pablo Guarderas y Nicolás Moreta
Teléfono: (02) 2314-687
Móvil: 091402790 / 0997813919
E-mail: info@sensor-tecsa.com
Machachi, Pichincha - Ecuador

RUC: 1792159458001

COTIZACIÓN: 2016-1918

Cliente Fernando Aviles
Ruc: 999999999
Direcci Av. 10 de Agosto
Telefor 6035811
Fecha: 07/05/2016








ITEM	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANT.	PREC. UNIT.	DESCUENTO		TOTAL							
					%	PREC.FINAL								
1	9213	TRANSMISOR DIGITAL DE HUMEDAD Y TEMPERATURA ALIMENTACIÓN: 12...36 VDCRANGO DE MEDICIÓN: 0...100% HR ± 2 %HRRANGO MEDICIÓN TEMPERATURA: 0...50°C ± 0,3° RESO. 0,1°C / 0,1 % SALIDA DE HUMEDAD: 4...20 mA SALIDA DE TEMPERATURA: 4...20 mA MARCA: MAXDETECT TIEMPO DE ENTREGA: 24-48 HORAS	1	160,21		160,21	160,21							
														
1	8212	TIRA FLEXIBLE LED (36W *0,1*100 CM) LUZ BLANCA	2	6,70		13,39	13,39							
														
1	8214	TABLERO DE CONTROL (22*22*20 CM)	1	32,33		32,33	32,33							
														
					<table border="1" style="border-collapse: collapse; width: 100%;"> <tr> <td style="background-color: #0070C0; color: white;">SUB-TOTAL</td> <td style="text-align: right;">205,94</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #0070C0; color: white;">IVA 12%</td> <td style="text-align: right;">24,71</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #0070C0; color: white;">TOTAL DESC.</td> <td style="text-align: right;">0,00</td> </tr> <tr> <td style="background-color: #0070C0; color: white;">TOTAL</td> <td style="text-align: right;">230,65</td> </tr> </table>		SUB-TOTAL	205,94	IVA 12%	24,71	TOTAL DESC.	0,00	TOTAL	230,65
SUB-TOTAL	205,94													
IVA 12%	24,71													
TOTAL DESC.	0,00													
TOTAL	230,65													







CONDICIONES COMERCIALES:

1.- LA ORDEN DE COMPRA EMITIR A NOMBRE:	SENSORTECSA S.A.
2.- FORMA DE PAGO:	CONTADO
3.- DATOS BANCARIOS:	CTA. CORRIENTE 3483059004 BANCO PICHINCHA A NOMBRE DE SENSORTECSA S.A.
4.- TIEMPO DE ENTREGA:	PREVIA ORDEN DE COMPRA Y/O CONFIRMACIÓN DE PAGO
5.- LUGAR DE ENTREGA:	ALMACÉN MACHACHI
6.- VALIDEZ DE LA OFERTA 7 DIAS	

Atentamente,
Milagros Durán
 Departamento Técnico - Comercial
ventas5

SENSORES INDUSTRIALES-PLC-PANTALLAS-SERVOMOTORES-VARIADORES FRECUENCIA-CONTROLADORES DE TEMPERATURA, PROCESOS, NIVEL-HOROMETROS-CONTADORES-
 TRANSMISORES DE PRESION, TEMPERATURA-EQUIPOS DE SEGURIDAD-FLUJO-NIVEL SOLIDOS-NIVEL LIQUIDOS

Anexo 12. Cotización calibración del transmisor en el INEN



SERVICIO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN
LABORATORIO NACIONAL DE METROLOGÍA

COTIZACIÓN DE SERVICIOS DE CALIBRACIÓN EN EL LNM

Fecha: 2016-05-10

Hoja: 1 de: 1

PARA:	Tlgo. Fernando Avilés	
CARGO:	Técnico	
EMPRESA:	Tecniprecisión Cia. Ltda.	
CIUDAD:	Quito	TELÉFONO/FAX: 6035811
E-MAIL:	electronica@tecnica.com	
HCD No.:	1833	FECHA: 2016-05-10

En atención a su comunicación, de 2016-05-02, le informo acerca del (los) servicio(s):

Laboratorio	Cantidad/tipo de equipos a calibrar	Calibración en Acreditación	Marca / Modelo	Costo aproximado de Calibración
Temperatura Humedad	2 / Sensores de Temperatura y Humedad relativa	16°, 23°, 30°C 40%, 50%, 70% HR	Transmisor digital MQ3120	\$ 112,00
Total				\$ 112,00

IMPORTANTE:

- *Confirmar su aceptación del servicio de calibración hasta máximo 3 días después de haber revisado la cotización.*
- *Los equipos deben ser enviados al Laboratorio Nacional de Metrología, LNM. Es responsabilidad del cliente, el traslado de los instrumentos hacia y desde los Laboratorios. Si el cliente envía los equipos vía Courier es responsabilidad del cliente el traslado de los equipos hacia el laboratorio.*
- *Si el equipo no es entregado en el LNM en la fecha programada, el compromiso se da por terminado y se tendrá que solicitar por escrito la reprogramación del servicio. No se recibirán equipos que no estén previamente programados.*
- *Los equipos deben ser entregados limpios y en buenas condiciones, e identificados con un número de serie o código permanente colocados en un lugar que no afecte sus características metroológicas; además entregar accesorios y conexiones y lo que el instrumento requiera para su funcionamiento:*
 - *Baterías de paquete. La calibración requiere mantener encendido al instrumento durante largos periodos de tiempo.*
 - *Si para visualizar las mediciones utiliza un display, enviar con todos los implementos necesarios.*
 - *Si el instrumento para ser encendido o para su manipulación tiene requerimientos especiales enviar las instrucciones o catalogo según corresponda.*
 - *Para el caso de micropipetas de volumen fijo, enviar mínimo 10 puntas desechables de trabajo y para micropipetas de volumen variable, enviar mínimo 30 puntas desechables, las cuales serán descartadas luego de la calibración.*
- *De no ser así, la programación será cancelada.*
- *El Laboratorio realiza calibraciones (determinación del error del instrumento) con fines de certificación y no efectúa reparaciones o ajustes de instrumentos.*
- *El costo aproximado de calibración corresponde a (los) equipo(s) establecido (s) en la solicitud, el costo final se dará en la factura.*
- *El Laboratorio entregará los equipos calibrados únicamente cuando el cliente evidencie el pago correspondiente al servicio prestado (depósito o transferencia en la cuenta No. 324533050-4, Sub-línea: 140399, Sector: público del Banco del Pichincha).*
- *Pasado los tres (3) meses de la calibración, el LNM no se responsabiliza por la integridad o deterioro de los equipos dejados en Recepción-Entrega.*
- *El Técnico de contacto para recibir y dar información sobre la calibración de sus equipos lo puede ubicar al teléfono: 2343 358 / 2343 379 ext. 227*

Atentamente,

Ing. Edison Córdor.
Coordinador del Laboratorio de Temperatura.
EC

INEN Matriz: Calles Baquerizo Moreno E8-29 y Almagro; Teléfonos (593 2) 2501885 al 2501889; Quito – Ecuador.
Laboratorios: Autopista "General Rumiñahui", pasando 20m el puente peatonal No.5, en dirección Quito-Valle de los Chillos – Sector Conocoto;
Teléfono: (593 2) 2344 394; 2343 358; 2343 379; E-mail: inenlaboratorios@inen.gob.ec; URL: <http://www.normalizacion.gob.ec>
LNM FA 35-1 (2014-07-03)

Anexo 13. Cotización generadores de humedad




**ALESIENRIQUEZ
IMPORTACIONES**

Av. 6 de Diciembre N31-50, entre Republica y
Whymper Telef...: 0996108794
ventas@alessi-enriquez.com
QUITO - ECUADOR

Pág. 01 de 01

Cliente: Fernando Avilés
Dirección: Av. 10 de Agosto
Teléfono: 6035811

PROFORMA N.- 0342
Correo: electrica@hotmail.com
Fecha: 14-may-2016

CANTIDAD	DETALLE	PRECIO U.	PRECIO TOTAL
4	Humidificadores de vapor frio Cap. 2,3 lt; salida 1 lt/h; 120 VAC - 60Hz - 25W. (ENTREGA 5 DIAS LABORABLES) 	40,68	162,71
4	Deshumidificadores tecnología Peltier, Cap. absorción 1 lt/h; 120 VAC - 60Hz - 26W (ENTREGA 5 DIAS LABORABLES) 	41,06	164,25
1	Calefactor termoventilado KYMPO 2 niveles de control Pot. 2000W - 120 VAC - 60Hz (EN STOCK) 	33,71	33,71

FORMA DE PAGO: EFECTIVO

NOMBRE DEL VENDEDOR: ANDREA GONZÁLEZ

SUBTOTAL:	360,67
DESCUENTO:	0,00
IVA 12%:	43,28
COSTO ENVIO:	0,00
TOTAL:	403,95

Anexo 14. Cotización vitrina refrigerada vertical



Dirección: Av. De la Prensa N65-48 y Libertador
(4 cuadras al norte del obelisco)

Teléfono: (02) 2294-362 / (02) 2537-282

COTIZACIÓN N° 0653

Cliente: Fernando Avilés
Dirección: Av. 10 de Agosto
Teléfono: 6035811
Fecha: 2016-05-04



CANT.	DESCRIPCIÓN	PRECIO U.	PRECIO TOTAL
1	Refrigerador vitrina Panoramica : Marca Indurama Modelo VFV-400 / Potencia: 395 watts / 1347 BTU / Voltaje: 120 V – 60Hz ESPECIFICACIONES <ul style="list-style-type: none"> • Ancho: 162 cm • Fondo: 55 cm • Alto: 152 cm • Peso: 70 kg • Manillas ergonómicas de alto impacto. • Sistema de auto cierre. • Temperatura uniforme en la circulación de aire. • Iluminación led. • Parrillas ajustables cubiertas de vinilo anti corrosión. • Base con patines regulables. • Temperatura de trabajo 0°C / 10°C • Capacidad: 286 L (útil) 	669,64	669,64

ASESOR COMERCIAL:

Andrea Burgos

SUBTOTAL:	669,64
DESCUENTO:	0,00
IVA 12%:	80,36
COSTO ENVIO:	0,00
TOTAL:	750,00

Anexo 15. Tasa Pasiva Efectiva

“La Tasa Pasiva Efectiva Referencial corresponde al promedio pondera por monto, de las tasas de interés efectivas pasivas remitidas por las entidades del sistema financiero nacional al Banco Central del Ecuador, para todos los rangos de plazos”.

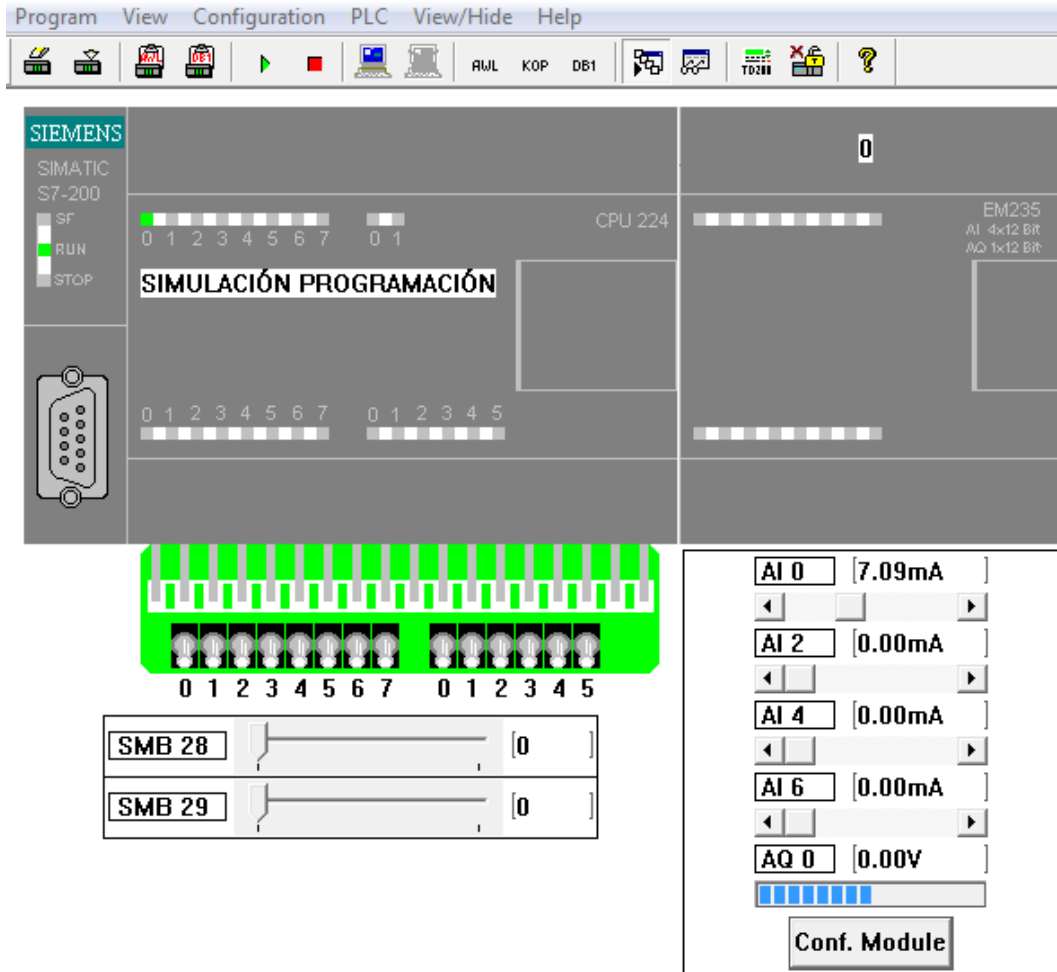
FECHA	VALOR
Diciembre-31-2016	5.12 %
Noviembre-30-2016	5.51 %
Octubre-31-2016	5.75 %
Septiembre-30-2016	5.78 %
Agosto-31-2016	5.91 %
Julio-31-2016	6.01 %
Junio-30-2016	6.00 %
Mayo-31-2016	5.47 %
Abril-30-2016	5.85 %
Marzo-31-2016	5.95 %
Febrero-29-2016	5.83 %
Enero-31-2016	5.62 %

Anexo 16. Inflación

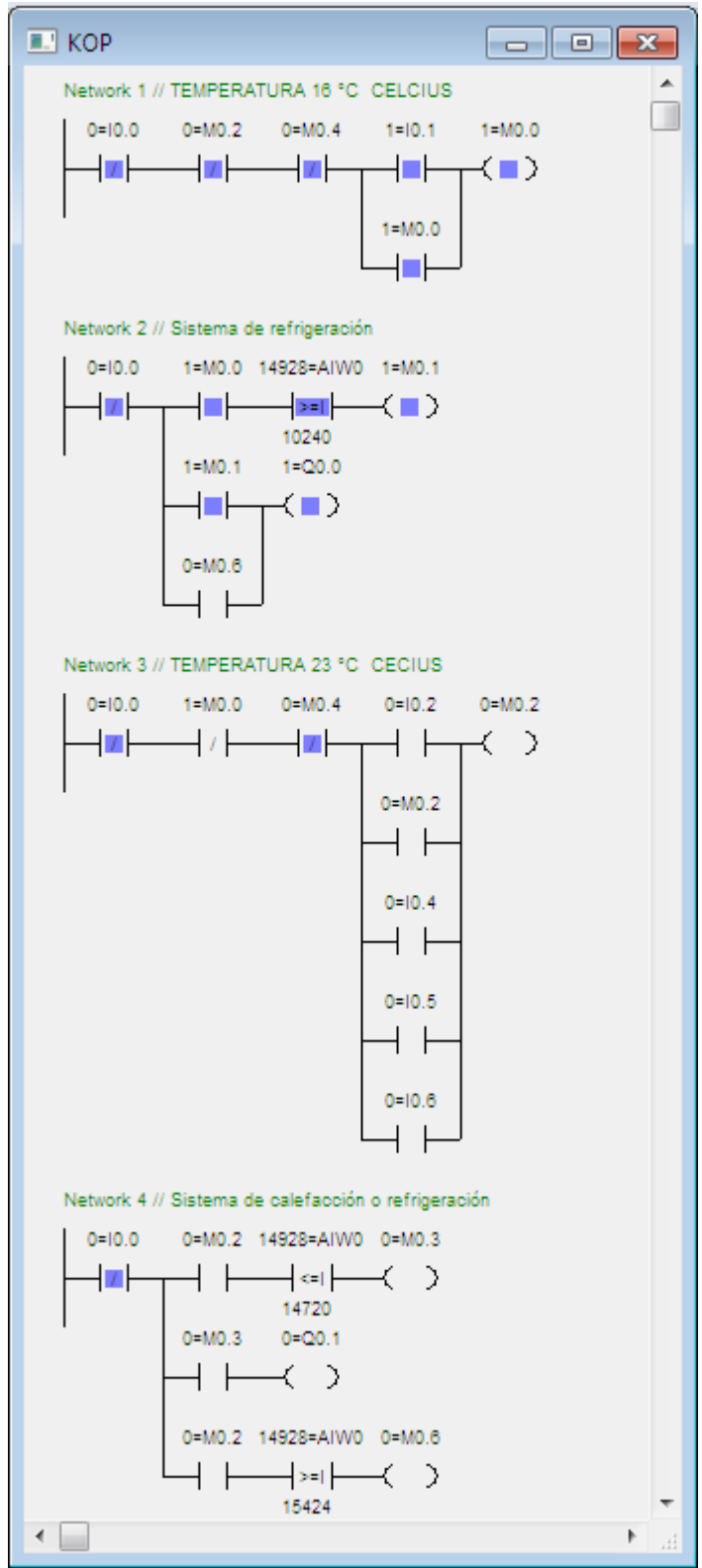
“La inflación es medida estadísticamente a través del Índice de Precios al Consumidor del Área Urbana (IPCU), a partir de una canasta de bienes y servicios demandados por los consumidores de estratos medios y bajos, establecida a través de una encuesta de hogares. Es posible calcular las tasas de variación mensual, acumuladas y anuales; pueden ser promedio”.

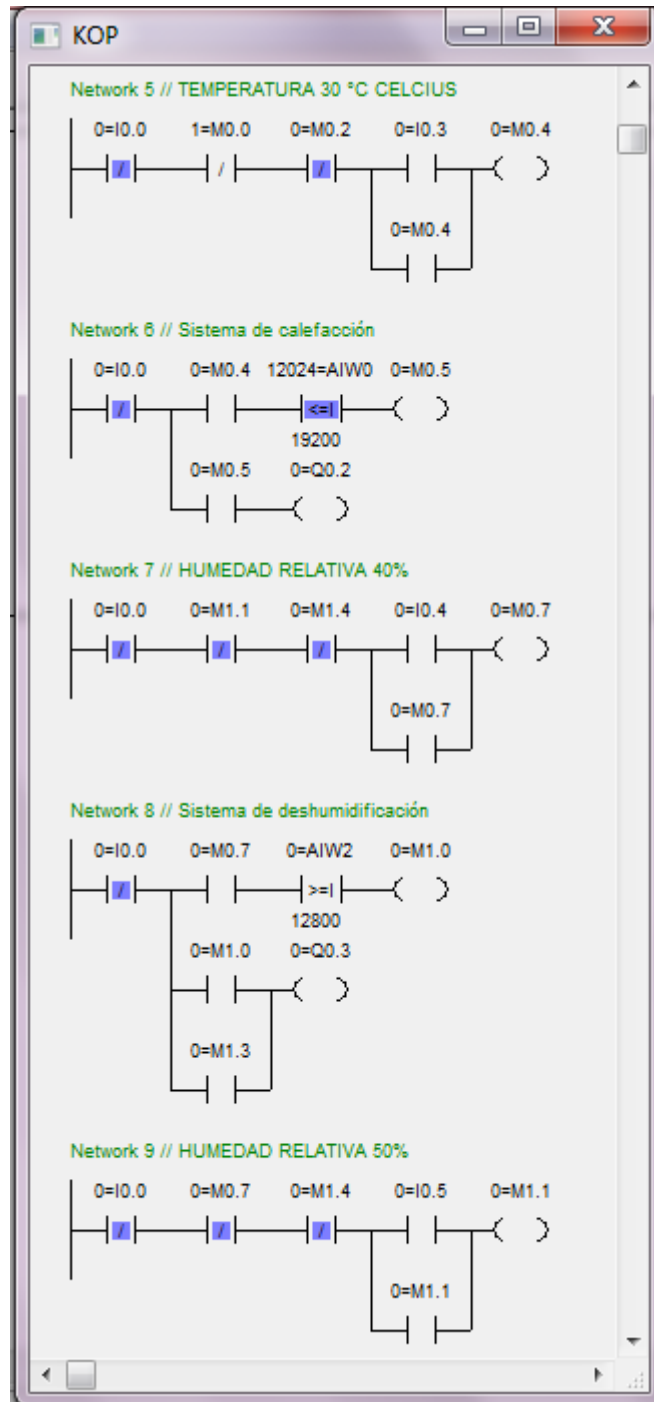
FECHA	VALOR
Diciembre-31-2016	1.12 %
Noviembre-30-2016	1.05 %
Octubre-31-2016	1.31 %
Septiembre-30-2016	1.30 %
Agosto-31-2016	1.42 %
Julio-31-2016	1.58 %
Junio-30-2016	1.59 %
Mayo-31-2016	1.63 %
Abril-30-2016	1.78 %
Marzo-31-2016	2.32 %
Febrero-29-2016	2.60 %
Enero-31-2016	3.09 %

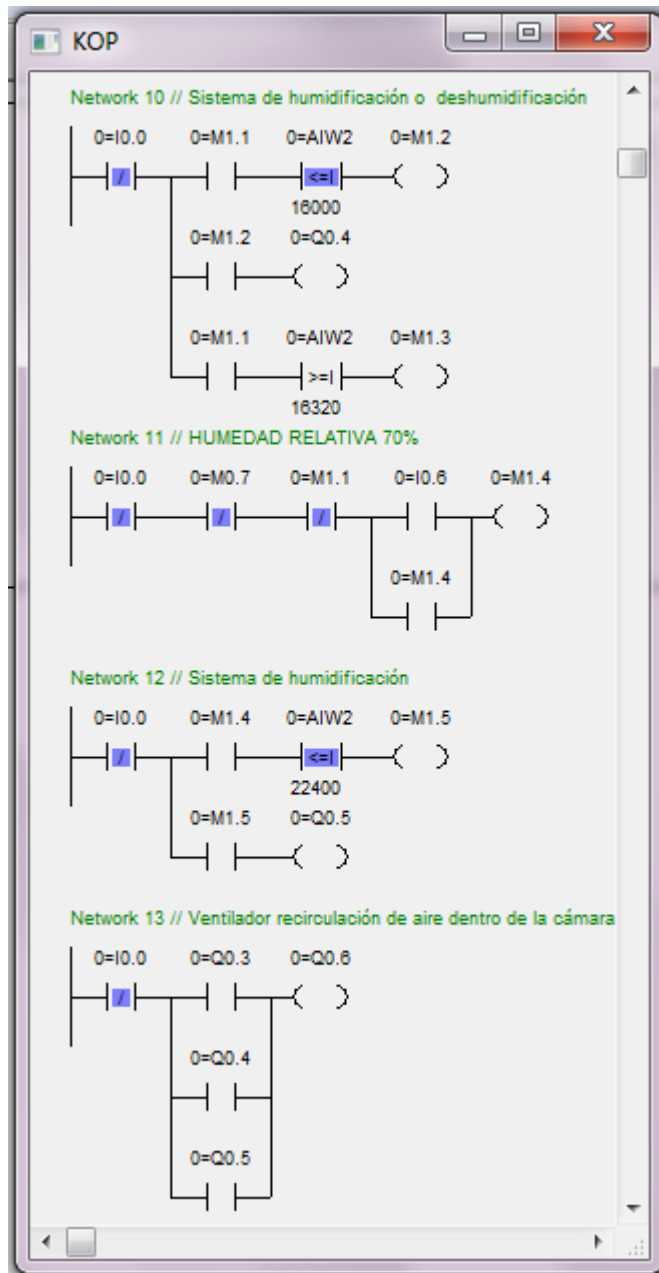
Anexo 17. Simulación del control eléctrico de la cámara generadora de temperatura y humedad relativa

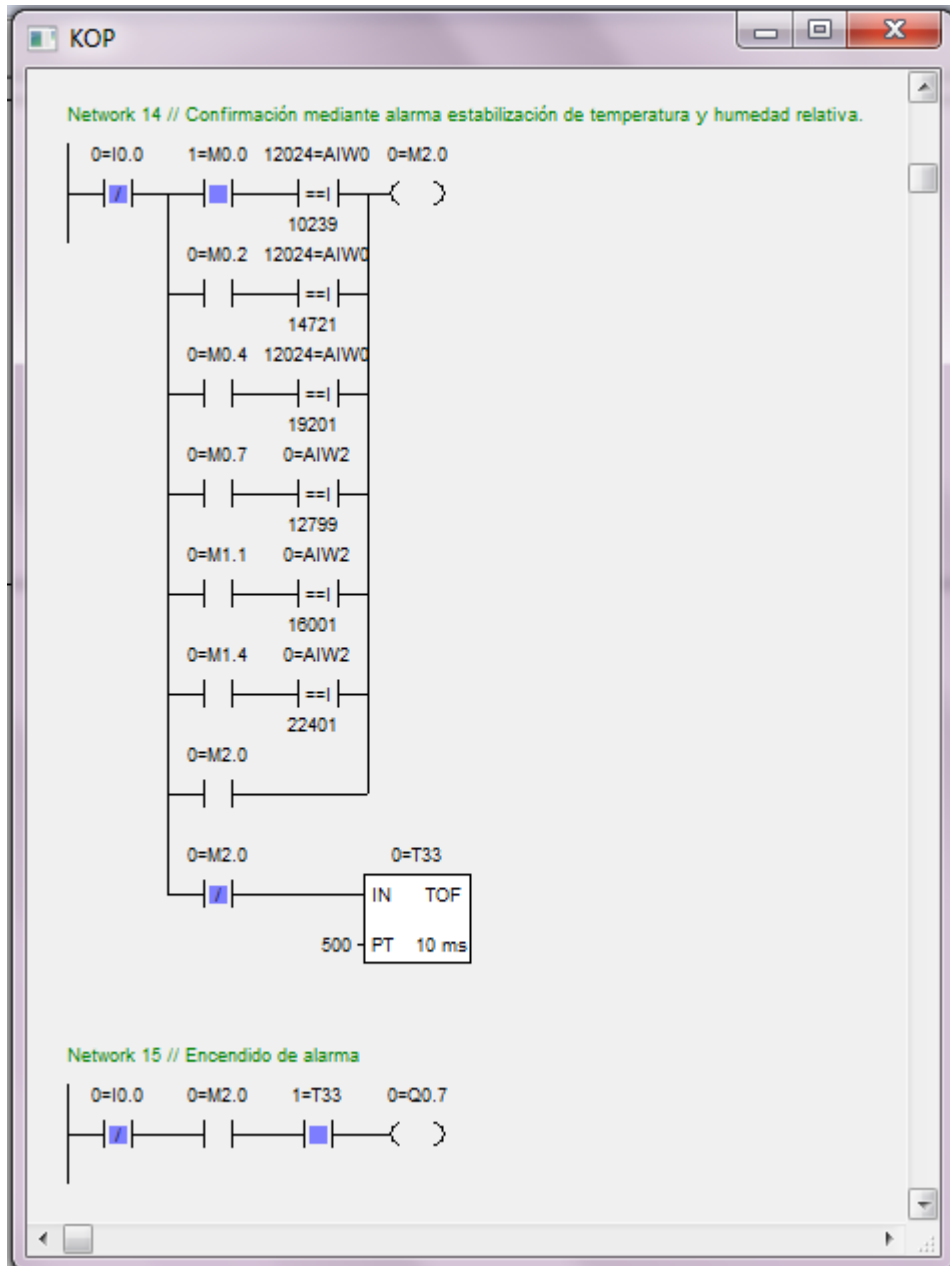


Mediante el simulador S7-200 del PLC Siemens se pudo comprobar el funcionamiento del control eléctrico el cual comandará a cada uno de los equipos, que unificados ejecutarán el funcionamiento de la cámara generadora de cambios de temperatura y humedad controlada para calibración de termohigrómetros. Los contactos, bobinas, relés marcados con color azul demuestran que están activos, mediante los interruptores (I). Se verifico cada diagrama de control observando que los mismos funcionaban sin ningún problema como se demuestra a continuación.









Anexo 19. Yanus A. Cengel Tabla A-15 Propiedades del a la presión de 1 atm

TABLA A-15

Propiedades del aire a la presión de 1 atm

Temp., T_f , °C	Densidad, ρ , kg/m ³	Calor específico, C_p , J/kg · °C	Conductividad térmica, k , W/m · °C	Difusividad térmica, α , m ² /s	Viscosidad dinámica, μ , kg/m · s	Viscosidad cinemática, ν , m ² /s	Número de Prandtl, Pr
-150	2.866	983	0.01171	4.158×10^{-6}	8.636×10^{-6}	3.013×10^{-6}	0.7246
-100	2.038	966	0.01582	8.036×10^{-6}	1.189×10^{-5}	5.837×10^{-6}	0.7263
-50	1.582	999	0.01979	1.252×10^{-5}	1.474×10^{-5}	9.319×10^{-6}	0.7440
-40	1.514	1002	0.02057	1.356×10^{-5}	1.527×10^{-5}	1.008×10^{-5}	0.7436
-30	1.451	1004	0.02134	1.465×10^{-5}	1.579×10^{-5}	1.087×10^{-5}	0.7425
-20	1.394	1005	0.02211	1.578×10^{-5}	1.630×10^{-5}	1.169×10^{-5}	0.7408
-10	1.341	1006	0.02288	1.696×10^{-5}	1.680×10^{-5}	1.252×10^{-5}	0.7387
0	1.292	1006	0.02364	1.818×10^{-5}	1.729×10^{-5}	1.338×10^{-5}	0.7362
5	1.269	1006	0.02401	1.880×10^{-5}	1.754×10^{-5}	1.382×10^{-5}	0.7350
10	1.246	1006	0.02439	1.944×10^{-5}	1.778×10^{-5}	1.426×10^{-5}	0.7336
15	1.225	1007	0.02476	2.009×10^{-5}	1.802×10^{-5}	1.470×10^{-5}	0.7323
20	1.204	1007	0.02514	2.074×10^{-5}	1.825×10^{-5}	1.516×10^{-5}	0.7309
25	1.184	1007	0.02551	2.141×10^{-5}	1.849×10^{-5}	1.562×10^{-5}	0.7296
30	1.164	1007	0.02588	2.208×10^{-5}	1.872×10^{-5}	1.608×10^{-5}	0.7282
35	1.145	1007	0.02625	2.277×10^{-5}	1.895×10^{-5}	1.655×10^{-5}	0.7268
40	1.127	1007	0.02662	2.346×10^{-5}	1.918×10^{-5}	1.702×10^{-5}	0.7255
45	1.109	1007	0.02699	2.416×10^{-5}	1.941×10^{-5}	1.750×10^{-5}	0.7241
50	1.092	1007	0.02735	2.487×10^{-5}	1.963×10^{-5}	1.798×10^{-5}	0.7228
60	1.059	1007	0.02808	2.632×10^{-5}	2.008×10^{-5}	1.896×10^{-5}	0.7202
70	1.028	1007	0.02881	2.780×10^{-5}	2.052×10^{-5}	1.995×10^{-5}	0.7177
80	0.9994	1008	0.02953	2.931×10^{-5}	2.096×10^{-5}	2.097×10^{-5}	0.7154
90	0.9718	1008	0.03024	3.086×10^{-5}	2.139×10^{-5}	2.201×10^{-5}	0.7132
100	0.9458	1009	0.03095	3.243×10^{-5}	2.181×10^{-5}	2.306×10^{-5}	0.7111
120	0.8977	1011	0.03235	3.565×10^{-5}	2.264×10^{-5}	2.522×10^{-5}	0.7073
140	0.8542	1013	0.03374	3.898×10^{-5}	2.345×10^{-5}	2.745×10^{-5}	0.7041
160	0.8148	1016	0.03511	4.241×10^{-5}	2.420×10^{-5}	2.975×10^{-5}	0.7014
180	0.7788	1019	0.03646	4.593×10^{-5}	2.504×10^{-5}	3.212×10^{-5}	0.6992
200	0.7459	1023	0.03779	4.954×10^{-5}	2.577×10^{-5}	3.455×10^{-5}	0.6974
250	0.6746	1033	0.04104	5.890×10^{-5}	2.760×10^{-5}	4.091×10^{-5}	0.6946
300	0.6158	1044	0.04418	6.871×10^{-5}	2.934×10^{-5}	4.765×10^{-5}	0.6935
350	0.5664	1056	0.04721	7.892×10^{-5}	3.101×10^{-5}	5.475×10^{-5}	0.6937
400	0.5243	1069	0.05015	8.951×10^{-5}	3.261×10^{-5}	6.219×10^{-5}	0.6948
450	0.4880	1081	0.05298	1.004×10^{-4}	3.415×10^{-5}	6.997×10^{-5}	0.6965
500	0.4565	1093	0.05572	1.117×10^{-4}	3.563×10^{-5}	7.806×10^{-5}	0.6986
600	0.4042	1115	0.06093	1.352×10^{-4}	3.846×10^{-5}	9.515×10^{-5}	0.7037
700	0.3627	1135	0.06581	1.598×10^{-4}	4.111×10^{-5}	1.133×10^{-4}	0.7092
800	0.3289	1153	0.07037	1.855×10^{-4}	4.362×10^{-5}	1.326×10^{-4}	0.7149
900	0.3008	1169	0.07465	2.122×10^{-4}	4.600×10^{-5}	1.529×10^{-4}	0.7206
1 000	0.2772	1184	0.07868	2.398×10^{-4}	4.826×10^{-5}	1.741×10^{-4}	0.7260
1 500	0.1990	1 234	0.09599	3.908×10^{-4}	5.817×10^{-5}	2.922×10^{-4}	0.7478
2 000	0.1553	1 264	0.11113	5.664×10^{-4}	6.630×10^{-5}	4.270×10^{-4}	0.7539

Nota: Para los gases ideales, las propiedades C_p , μ , y Pr son independientes de la presión. Las propiedades ρ , ν y α a una presión P (en atm) diferente de 1 atm se determinan al multiplicar los valores de ρ a la temperatura dada, por P y al dividir ν y α entre P .

Fuente: Datos generados basándose en el software EES desarrollado por S. A. Klein y F. L. Alvarado. Fuentes originales: Keenan, Chao, Keyes, Gas Tables, Wiley, 198, y Thermophysical Properties of Matter, Vol. 3: Thermal Conductivity, Y. S. Touloukian, P. E. Liley, S. C. Saxena, Vol. 11: Viscosity, Y. S. Touloukian, S. C. Saxena y P. Hestermans, IFI/Plenum, NY, ISBN 0-306057020-8.