



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“ESTUDIO DE LA VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA
OBTENIDA MEDIANTE TERMOGRAFÍA INFRARROJA EN
FUNCIÓN DEL INCREMENTO DE LA DISTANCIA DE
MEDICIÓN Y LA RESOLUCIÓN DE LA CÁMARA
TERMOGRÁFICA INFRARROJA”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORES

JOSEPH DANIEL TORRES PIÑAS

RICHARD MANUEL VIERA MOLINA

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE MECÁNICA

CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

**“ESTUDIO DE LA VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA
OBTENIDA MEDIANTE TERMOGRAFÍA INFRARROJA EN
FUNCIÓN DEL INCREMENTO DE LA DISTANCIA DE
MEDICIÓN Y LA RESOLUCIÓN DE LA CÁMARA
TERMOGRÁFICA INFRARROJA”**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

AUTORES: JOSEPH DANIEL TORRES PIÑAS

RICHARD MANUEL VIERA MOLINA

DIRECTOR: Ing. EDUARDO SEGUNDO HERNÁNDEZ DÁVILA, MgS.

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, Joseph Daniel Torres Piñas & Richard Manuel Viera Molina

Se autoriza la reproducción total parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Nosotros JOSEPH DANIEL TORRES PIÑAS & RICHARD MANUEL VIERA MOLINA, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular, el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba 10 de junio del 2022



Joseph Daniel Torres Piñas

C.I: 060374555-5






Richard Manuel Viera Molina

C.I: 050447662-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE MECÁNICA
CARRERA MANTENIMIENTO INDUSTRIAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular, Tipo: Proyecto de Investigación, “**ESTUDIO DE LA VARIACIÓN DE LA TEMPERATURA OBTENIDA MEDIANTE TERMOGRAFÍA INFRARROJA EN FUNCIÓN DEL INCREMENTO DE LA DISTANCIA DE MEDICIÓN Y LA RESOLUCIÓN DE LA CÁMARA TERMOGRÁFICA INFRARROJA**”, realizado por los señores: **JOSEPH DANIEL TORRES PIÑAS** y **RICHARD MANUEL VIERA MOLINA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Marco Antonio Ordoñez Viñan, MgS. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 _____	2022-06-10
Ing. Eduardo Segundo Hernández Dávila, MgS. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	 _____	2022-06-10
Ing. Félix Antonio García Mora, MgS. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 _____	2022-06-10

DEDICATORIA

El presente trabajo del dedico con cariño a Dios y a la Virgencita del Quinche, quienes son quien me guían por el camino del bien y me cuidan cada uno de los días de la vida, porque con la fe depositada en ellos me alentaron para culminar mi meta. A mis padres Ángel Viera y María Molina en especial por cuidarme, darme todo su amor, apoyo incondicional para poder llegar a cumplir mis metas y hacer de mí una persona de bien, a través de sus consejos y valores inculcados desde la niñez.

Richard Viera

El presente trabajo va dedicado a todas las personas que me apoyaron a lo largo de mi vida estudiantil, mis padres Zoila y Patricio por su esfuerzo tan grande en siempre darme lo mejor, y lo más importante mostrarme que Dios es mi salvador.

Joseph Torres

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo que por medio de la Facultad de Mecánica y la carrera de Mantenimiento Industrial me permitió culminar mis estudios. A mis queridos docentes que, durante toda mi formación profesional en la carrera, me supieron guiar, formar, de forma especial a mi director el Ing. Eduardo Hernández y miembro el Ing. Félix García por su paciencia, motivación, colaboración, sugerencias y conocimientos compartidos durante la elaboración de la investigación hasta llegar a un fructífero culmino de este trabajo de integración curricular.

Richard Viera

A Dios quien es el creador de todo el universo, por darme la salud, sabiduría y vida en cada etapa como estudiante. A la ESPOCH por abrirme sus puertas y brindarme su conocimiento. A mis docentes Ing. Eduardo Hernández y Ing. Félix García que tuvieron la paciencia, gracia y sabiduría para impartir cada una de sus cátedras, a mis padres espirituales Wilman y Anita Rodríguez por ser mi guía y estar siempre pendientes de mi vida. Y finalmente al Ing. Luis Inga.

Joseph Torres

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN.....	xv
SUMMARY.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL.....	6
1.1. Mantenimiento.....	6
1.1.1. <i>Mantenimiento basado en la condición</i>.....	6
1.2. Termografía.....	6
1.3. Leyes de la termodinámica.....	6
1.3.1. <i>Primera ley de la Termodinámica</i>.....	6
1.3.2. <i>Segunda ley de la Termodinámica</i>.....	7
1.4. Termografía infrarroja.....	7
1.5. Principio de la Termografía.....	7
1.6. Tipos de termografía.....	8
1.6.1. <i>Medidas Cualitativas</i>.....	8
1.6.2. <i>Medidas Cuantitativas</i>.....	8
1.6.3. <i>Cámara termográfica</i>.....	8
1.7. Emisividad temperatura reflejada.....	8
1.8. Principios fundamentales de la radiación infrarroja.....	9
1.8.1. <i>Emisividad</i>.....	10
1.8.2. <i>Cuerpo negro</i>.....	10
1.8.3. <i>Convección</i>.....	10
1.8.4. <i>Conducción</i>.....	10
1.8.5. <i>Radiación</i>.....	10
1.8.6. <i>Radiación electromagnética</i>.....	11
1.8.7. <i>Radiación térmica o calor</i>.....	11
1.8.8. <i>Espectro infrarrojo</i>.....	11
1.9. Influencia de la temperatura del entorno.....	11

1.10.	Atenuaciones causadas por el medio	11
1.11.	Ventanas infrarrojas.....	12
1.12.	Sensibilidad térmica.....	12
1.13.	Span térmico.....	12
1.14.	Enfoque.....	12
1.14.1.	<i>Resolución espacial</i>	13
1.15.	Paleta de colores.....	13
1.15.1.	<i>Rango térmico</i>	13
1.15.2.	<i>Flujo de calor</i>	14
1.16.	Radiación de los cuerpos Ley de Kirchhoff y ley de Stefan Boltzmann	14
1.17.	RStudio	15
1.18.	Regresión lineal	15

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	17
2.1.	Análisis de los requerimientos del banco de pruebas experimental	17
2.1.1.	<i>Condiciones requeridas por el experimento</i>	18
2.1.2.	<i>Análisis del sistema control del banco de pruebas</i>	18
2.2.	Selección de materiales para probetas de ensayo	19
2.2.1.	<i>Fabricación de las probetas</i>	19
2.2.2.	<i>Ejecución de las adecuaciones del banco de pruebas</i>	20
2.3.	Pruebas funcionales del banco de pruebas	21
2.3.1.	<i>Prueba funcional del controlador PID</i>	21
2.3.2.	<i>Prueba funcional de la termocupla tipo k</i>	21
2.3.3.	<i>Prueba funcional de la probeta de ensayo</i>	22
2.4.	Selección de las cámaras termográficas	22
2.4.1.	<i>Cámara termográfica Satir HotFind VR</i>	23
2.4.2.	<i>Cámara termográfica Satir HotFind S</i>	24
2.4.3.	<i>Cámara termográfica Satir D 600</i>	25
2.5.	Procedimiento para la toma de datos	26
2.5.1.	<i>Análisis para el tamaño de probeta de ensayo adecuada</i>	26
2.5.1.1.	<i>Probeta de aluminio de (30x30) mm</i>	26
2.5.1.2.	<i>Probeta de aluminio de (40x40) mm</i>	27
2.5.1.3.	<i>Probeta de aluminio de (50x50) mm</i>	28
2.5.1.4.	<i>Análisis de los valores de temperatura representados por la Línea 1</i>	29
2.5.2.	<i>Análisis para el material de la probeta de ensayo adecuada</i>	31

2.5.2.1.	<i>Probeta de cobre de (50x50) mm</i>	31
2.5.2.2.	<i>Probeta de aluminio de (50x50) mm</i>	31
2.6.	Desarrollo del experimento	32
2.6.1.	<i>Cálculo de la muestra</i>	32
2.6.2.	<i>Tomas de temperaturas a diferentes distancias con cámaras termografías</i>	33

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	34
3.1.	Estadística descriptiva de la cámara Satir HotFind VR	34
3.1.1.	<i>Test de normalidad de los datos a dos metros de distancia sin corrección</i>	34
3.2.	Estadística descriptiva de la cámara Satir HotFind VR	36
3.2.1.	<i>Test de normalidad de los datos a un metro de distancia con corrección</i>	37
3.2.2.	<i>Test de normalidad de los datos a dos metros de distancia con corrección</i>	39
3.3.	Contraste de igualdad de las muestras	40
3.3.1.	<i>Contraste de igualdad de muestras sin corrección cámara Satir HotFind VR</i>	41
3.3.2.	<i>Contraste de igualdad de muestras con corrección cámara Satir HotFind VR</i>	43
3.4.	Análisis de correlación de variables	45
3.4.1.	<i>Cámara Satir HotFind-VR (160x120)</i>	45
3.4.2.	<i>Cámara Satir HotFind-S (384x288) pixeles</i>	46
3.4.3.	<i>Cámara Satir D-600 (640x480) pixeles</i>	47
3.4.4.	<i>Cámara Satir D-600 (640x480) pixeles, lente de 12°</i>	49
3.4.5.	<i>Cámara Satir D-600 (640x480) pixeles, con lente de 48°</i>	50
3.5.	Regresión lineal	51
3.6.	Comparación en función del ángulo de inclinación	55
3.7.	Comparación entre cámaras sin corrección de la distancia	56
3.8.	Comparación entre cámaras con corrección de la distancia	57
3.9.	Ecuaciones de corrección de temperatura	58
3.9.1.	<i>Comprobación de la ecuación</i>	60

CONCLUSIONES	62
--------------	----

RECOMENDACIONES	63
-----------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Propiedades físicas del aluminio y el cobre	19
Tabla 2-2:	Características de la cámara termográfica Satir HotFind VR	23
Tabla 3-2:	Características de la cámara termográfica Satir HotFind S.....	24
Tabla 4-2:	Características de la cámara termográfica Satir D 600	25
Tabla 5-2:	Parámetros Globales.....	26
Tabla 6-2:	Valores de temperatura de la probeta de aluminio de (30x30) mm.....	27
Tabla 7-2:	Parámetros Globales.....	27
Tabla 8-2:	Valores de temperatura de la probeta de aluminio de (40x40) mm.....	28
Tabla 9-2:	Parámetros Globales.....	28
Tabla 10-2:	Valores de temperatura de la probeta de aluminio de (50x50) mm.....	28
Tabla 11-2:	Temperaturas próximas a la temperatura	30
Tabla 12-2:	Parámetros Globales.....	31
Tabla 13-2:	Valores de temperatura de la probeta de cobre de (50x50) mm.....	31
Tabla 14-2:	Parámetros Globales.....	31
Tabla 15-2:	Valores de temperatura de la probeta de aluminio de (50x50) mm.....	32
Tabla 16-2:	Condiciones de humedad, temperatura ambiente y emisividad	33
Tabla 1-3:	Estadística descriptiva de la cámara Satir HotFind VR	34
Tabla 2-3:	Test de normalidad de las distancias	34
Tabla 3-3:	Estadística descriptiva de la cámara Satir HotFind VR	36
Tabla 4-3:	Test de normalidad de las distancias con corrección	37
Tabla 5-3:	Contrastación de hipótesis de la cámara Satir HotFind VR	41
Tabla 6-3:	Contrastación de hipótesis de la cámara Satir HotFind VR	43
Tabla 7-3:	Comparación entre cámaras termográficas	55
Tabla 8-3:	Comparación entre cámaras sin corrección de la distancia.....	56
Tabla 9-3:	Co0mparación entre cámaras con corrección de la distancia.....	57
Tabla 10-3:	Ecuaciones para la corrección de temperatura	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Cámara termográfica.....	9
Figura 2-1:	Diferencia entre el ajuste de temperatura alto y bajo	12
Figura 3-1:	Paletas de colores.....	14
Figura 4-1:	Punto caliente de 600°C.....	14
Figura 1-2:	Banco de pruebas.....	17
Figura 2-2:	Laboratorio de máquinas y herramientas	18
Figura 3-2:	Probeta de aluminio.	19
Figura 4-2:	Colocación del controlador PID TCN45	20
Figura 5-2:	Conexión eléctrica	20
Figura 6-2:	Colocación de control PID.....	21
Figura 7-2:	Prueba funcional del controlador PID	21
Figura 8-2:	Prueba funcional de la termocupla tipo K.....	22
Figura 9-2:	Prueba funcional de la probeta.....	22
Figura 10-2:	Cámara termográfica Satir HotFind VR.....	23
Figura 11-2:	Cámara termográfica Satir HotFind S.....	24
Figura 12-2:	Cámara termográfica Satir D 600	25
Figura 13-2:	Termograma que representa la línea 1 (L1)	29

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2:	Número de píxeles vs temperatura.....	29
Gráfico 1-3:	Histograma de la distancia de 2 metros sin corrección.....	35
Gráfico 2-3:	Diagrama de q-q a dos metros de distancia sin corrección.....	35
Gráfico 3-3:	Histograma de la distancia de un metro con corrección.....	38
Gráfico 4-3:	Diagrama q-q a un metro de distancia con corrección.....	38
Gráfico 5-3:	Histograma de la distancia de dos metros con corrección.....	39
Gráfico 6-3:	Diagrama q-q a dos metros de distancia con corrección.....	40
Gráfico 7-3:	Histograma de contraste de igualdad a 2 metros.....	41
Gráfico 8-3:	Diagrama q-q del contraste de igualdad a 2 metros.....	42
Gráfico 9-3:	Comparación de muestras de temperatura sin corrección distancia Cámara Satir HotFind VR.....	42
Gráfico 10-3:	Histograma de contraste de igualdad a 2 metros.....	43
Gráfico 11-3:	Diagrama q-q del contraste de igualdad a 2 metros.....	44
Gráfico 12-3:	Comparación de muestras de temperatura con corrección distancia Cámara Satir HotFind VR.....	44
Gráfico 13-3:	Distancia (m) vs temperatura (°C) sin corrección.....	45
Gráfico 14-3:	Distancia (m) vs temperatura (°C) con corrección.....	46
Gráfico 15-3:	Distancia (m) vs temperatura (°C) sin corrección.....	47
Gráfico 16-3:	Distancia (m) vs temperatura (°C) con corrección.....	47
Gráfico 17-3:	Distancia (m) vs temperatura (°C) sin corrección.....	48
Gráfico 18-3:	Distancia (m) vs temperatura (°C) con corrección.....	48
Gráfico 19-3:	Distancia (m) vs temperatura (°C) sin corrección.....	49
Gráfico 20-3:	Distancia (m) vs temperatura (°C) con corrección.....	49
Gráfico 21-3:	Distancia (m) vs temperatura (°C) sin corrección.....	50
Gráfico 22-3:	Distancia (m) vs temperatura (°C) con corrección.....	50
Gráfico 23-3:	Linealización distancia (m) vs temperatura (°C) sin corrección.....	51
Gráfico 24-3:	Linealización distancia (m) vs temperatura (°C) con corrección.....	51
Gráfico 25-3:	Linealización distancia (m) vs temperatura (°C) sin corrección.....	52
Gráfico 26-3:	Linealización distancia (m) vs temperatura (°C) con corrección.....	52
Gráfico 27-3:	Linealización distancia (m) vs temperatura (°C) sin corrección.....	53
Gráfico 28-3:	Linealización distancia (m) vs temperatura (°C) con corrección.....	53
Gráfico 29-3:	Linealización distancia (m) vs temperatura (°C) sin corrección.....	53
Gráfico 30-3:	Linealización distancia (m) vs temperatura (°C) con corrección.....	54
Gráfico 31-3:	Linealización distancia (m) vs temperatura (°C) sin corrección.....	54

Gráfico 32-3: Linealización distancia (m) vs temperatura (°C) con corrección.....	54
Gráfico 33-3: Comparación entre cámaras termográficas	55
Gráfico 34-3: Linealización distancia (m) vs temperatura (°C) con corrección.....	56
Gráfico 35-3: Linealización distancia (m) vs temperatura (°C) con corrección.....	57

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** FOTOGRAFÍAS POR CADA METRO CÁMARA SATIR HOTFIND VR
- ANEXO B:** FOTOGRAFÍAS POR CADA METRO CÁMARA SATIR HOTFIND S
- ANEXO C:** FOTOGRAFÍAS POR CADA METRO DE CÁMARA SATIR D 600
- ANEXO D:** DATOS DE TEMPERATURA PROBETA DE ALUMINIO (30x30) mm
- ANEXO E:** DATOS DE TEMPERATURA PROBETA DE ALUMINIO DE (40x40) mm
- ANEXO F:** DATOS DE TEMPERATURA PROBETA DE ALUMINIO DE (50x50) mm
- ANEXO G:** TEMPERATURAS LÍNEA 1 PROBETA DE ALUMINIO (50x50) mm
- ANEXO H:** DATOS DE TEMPERATURA PROBETA DE COBRE (50x50) mm
- ANEXO I:** DATOS DE TEMPERATURA PROBETA DE ALUMINIO DE (50x50)
- ANEXO J:** DATOS DE TEMPERATURA DE LAS CÁMARAS TERMOGRÁFICAS
- ANEXO K:** HISTOGRAMAS CON Y SIN CORRECCIÓN DISTANCIA, DIAGRAMAS
- ANEXO L:** DIAGRAMAS DE CAJA O BIGOTES DE LAS CÁMARAS TERMOGRÁFICAS
- ANEXO M:** DATOS DE LAS MEDIANAS NORMALIZADOS DE LAS CÁMARAS TERMOGRÁFICAS
- ANEXO N:** DIAGRAMA DEL CONTROLADOR PID DE TEMPERATURA
- ANEXO O:** CÓDIGO EN SOFTWARE R STUDIO PARA EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE VARIABLES
- ANEXO P:** CÓDIGO EN SOFTWARE R STUDIO ANÁLISIS DE CORRELACIÓN Y REGRESIÓN LINEAL

LISTA DE ABREVIATURAS

R^2	Coeficiente de determinación
IR	Infrarrojo
IFVO	Campo de visión instantáneo
NETD	Ruido equivalente a la menor temperatura detectable

RESUMEN

El presente trabajo de integración curricular tuvo como objetivo estudiar la variación de la temperatura obtenida mediante termografía infrarroja en función del incremento de la distancia de medición y la resolución de la cámara termográfica infrarroja, el cual se realizó a través de la recolección y análisis de datos, además de adecuaciones en un banco de pruebas del Laboratorio de Diagnostico Técnico y Eficiencia Energética, adaptando una probeta de mayor conductividad térmica y tamaño, utilizando cámaras termográficas con distintas resoluciones. Se determinaron treinta y seis valores por cada metro hasta completar doce metros de distancia del elemento inspeccionado, se realizó una regresión lineal entre la variable independiente que es la distancia de medición y resolución de la cámara, también la variable dependiente que es la temperatura obtenida mediante termografía infrarroja, para así obtener la ecuación de corrección definitiva, en el cual se verán involucrados factores externos tales como: el viento, la humedad y el calor, que influyeron que la temperatura no se mantenga constante en la medición, para lo cual se realizó un controlador PID que permitió tener una temperatura constante al momento de realizar las pruebas. Se concluyó que el análisis del tamaño de probeta fue establecido con valores de temperatura proporcionados por la cámara termográfica Satir HotFind-VR, donde el coeficiente de variación de 1,21% de la muestra es menor al 30% establecido, es decir, el tamaño de la probeta de aluminio de 50mm x 50mm es aceptada, de tal manera que la temperatura se distribuye homogéneamente en toda su cara. Además, se recomienda realizar mediciones en un lugar cerrado que no permita el paso de la luz, viento y calor, estos factores afectan que los datos varíen de manera brusca, además de utilizar probetas de otro material para probar su conductividad térmica.

Palabras clave: <TERMOGRAFÍA INFRARROJA> <VARIACIÓN DE TEMPERATURA>
<CÁMARA TERMOGRÁFICA INFRARROJA> <BANCO DE PRUEBAS>
<CONDUCTIVIDAD TÉRMICA>

1567-DBRA-UTP-2022



SUMMARY

The objective of this curricular integration work was to study the variation of the temperature obtained by infrared thermography as a function of the increase in the measurement distance and the resolution of the infrared thermographic camera. It was carried out through the collection, data analysis and adaptations in a test bench of the Technical Diagnosis and Energy Efficiency Laboratory. Adapting a test tube with greater thermal conductivity and size, using thermographic cameras with different resolutions. Thirty-six values were determined for each meter until completing twelve meters of distance from the inspected element. A linear regression was performed between the independent variable, which is the measurement distance and the camera resolution, as well as the dependent variable, which is the temperature obtained by infrared thermography, in order to obtain the definitive correction equation. External factors such as: wind, humidity and heat will be involved, which influenced the temperature not to remain constant in the measurement. Then, it was carried out a PID controller that allowed to have a constant temperature at the time of testing. It was concluded that the analysis of the size of the test tube was established with temperature values provided by the Satir HotFind-VR thermographic camera, where the coefficient of variation of 1.21% of the sample is less than the established 30%. In other words, the size of the aluminium specimen of 50mm x 50mm is accepted. So the temperature is distributed homogeneously throughout its face. In addition, it is recommended to carry out measurements in a closed place that does not allow to pass light, wind and heat. These factors affect the data to vary abruptly and using test tubes of another material to test its thermal conductivity.

Keywords: <INFRARED THERMOGRAPHY> <TEMPERATURE VARIATION>
<INFRARED THERMOGRAPHIC CAMERA> <TEST BENCH> <THERMAL CONDUCTIVITY>



Lic. Sandra Paulina Porras Pumalema, Mgs.

C.I: 0603357062

INTRODUCCIÓN

Con la evolución de la industrial, el mantenimiento ha tomado un papel realmente importante, pues de él depende la operación constante y efectiva de un activo e instalaciones que se involucran en los procesos, que permitan aumentar la capacidad de producción, con calidad, seguridad. Para que el mantenimiento sea efectivo, es necesario establecer una estrategia como es el mantenimiento basado en la condición, que evalúa el estado de los componentes eléctricos, mecánicos entre otros.

Las cámaras infrarrojas poseen un comportamiento similar al de las cámaras digitales videocámaras y telescopios. A largas distancias se consigue observar zonas calientes, pero no siempre se puede medir su temperatura con precisión es necesario acercarse lo suficiente al objeto o punto a medir. Las cámaras infrarrojas tienen características ópticas similares a otros dispositivos ópticos como cámaras fotográficas, videograbadoras y telescopios.

La orientación primordial de este trabajo de integración curricular es estudiar la influencia de la distancia y la resolución de la cámara termográfica en los termogramas, lo cual provocan una variación en la temperatura medida. Para este estudio se utiliza un banco de pruebas del Laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica, que sirve para la recolección de las imágenes térmicas a un metro de distancia hasta cumplir una distancia de doce metros con cámaras termográficas de diferentes resoluciones.

Antecedentes

El desarrollo de cámaras termográficas de mayor resolución ha permitido un gran número de aplicaciones de esta tecnología. Una imagen térmica proporciona información de temperatura e información geométrica. Siendo esta última poco utilizada y desaprovechada (Ochoa et al., 2020: pp.43-54).

La termografía infrarroja es una técnica importante que permite, a distancia y sin ningún contacto medir y visualizar temperaturas de superficie con precisión y trae muchos beneficios, pues ayuda en la detección temprana de fallas, favoreciendo la realización de procedimientos o metodologías para la inspección (Muñoz & Aldana, 2017: pp.6-18).

Cuando se realiza termografía es necesario evitar las corrientes de aire debido a que, como resultado del intercambio de calor por convección, el aire cercano a la superficie tiene la misma temperatura que el objeto medido, de tal manera, si hay corrientes de aire esta capa es sustituida por otra capa cuya temperatura todavía no se ha equilibrado con el objeto. La disminución de la temperatura de la superficie de los elementos analizados como consecuencia de la velocidad del viento afecta negativamente en la determinación de la severidad del modo de falla monitoreado (NFPA, 2018).

Mantenimiento basado en la condición es conocer el estado general de una máquina cuando está en funcionamiento mediante el uso de tecnologías, las más utilizadas son: análisis de vibraciones, ultrasonido y termografía infrarroja. Esta última se emplea en la inspección de sistemas eléctricos para poder indicar el estado de funcionamiento de estos equipos, donde la termografía ofrece mayor seguridad por la oportunidad de medir temperaturas a distancia, conservando exactitud y sin tener contacto físico con el objeto a estudiar (Silva et al., 2017: pp. 24-35).

Prueba termográfica infrarroja, se implementó la técnica Step Heating, donde se calienta un árbol de levas a bajas revoluciones hasta alcanzar la temperatura del motor de 80°C a 95°C para controlar la refrigeración del árbol de levas y analizar los defectos por transmisión de calor por radiación (Calderón y Chacón, 2021: pp. 11-21).

Dentro de los Pronósticos y Gestión de la Salud, la evaluación del estado consiste en la clasificación del estado de salud de un activo físico a partir del procesamiento de señales adquirido por sensores seleccionados. Hoy en día la termografía infrarroja se utiliza con éxito en diferentes dominios. Sin embargo, la literatura carece de estudios sobre el uso del IRT para la SA de rodamientos (Roldan et al., 2021: pp.1-6).

Hernández, Recalde y Guananga (2020) en el artículo científico “Influencia de la velocidad del viento en las medidas de temperatura mediante termografía infrarroja”, para corregir la temperatura observada mediante termografía infrarroja en función de la velocidad del viento la cual incide sobre la superficie del elemento, que se presenta aumentando la temperatura. Para comprobar que las mediciones de temperatura no sean similares entre las que fueron proporcionadas a diferentes velocidades del viento, se debe desarrollar una prueba de normalidad y para obtener una aproximación de la temperatura real del objeto se multiplica la velocidad del viento (km/h) por 0.6, donde a este producto se debe sumarle la temperatura registrada por la cámara termográfica.

Hernández et al. (2017) en el artículo científico “Estudio de las pérdidas de energía en conductores eléctricos mediante termografía infrarroja”, a través de la observación, deducción y verificación realizaron una comparación de la pérdida de energía debido al efecto Joule por el paso de una corriente eléctrica en los conductores y la pérdida de potencia real en un circuito en el cual se modificó el calibre de conductor en base a una fuente electromotriz constante, para con ello conseguir ecuaciones que permitan dar una estimación de pérdidas energéticas dentro de una instalación eléctrica sea esta domiciliaria o industrial, donde los modos de fallos en una instalación que se encuentra habilitada producen pérdidas de potencia que se dispersa en forma de calor. Con la ayuda de la termografía infrarroja permite diferenciar con sencillas el incremento de la temperatura medida en la longitud del conductor eléctrico o en un solo lugar del conductor.

La termografía es una tecnología moderna la cual utiliza cámaras que miden y toman imágenes de la radiación infrarroja la cual es emitida por los cuerpos sin la necesidad de que exista luz visible, además esta radiación se encuentra en función de la temperatura de la superficie del cuerpo, donde la cámara permite el cálculo y la visualización de dicha temperatura. En los últimos años se ha convertido en una tecnología indispensable y también asequible, posee numerosas aplicaciones en el campo profesional; su uso va desde el diagnóstico de eficiencia energética en las diferentes instalaciones industriales y edificios, llegando al campo de la salud, investigación, arte y seguridad (Prada Pérez de Azpeitia, 2016, pp.617-627).

La pandemia desatada en el año 2020 tuvo como principal protagonista la detección de síntomas en los diversos pacientes por esa misma razón la medición de temperatura se convirtió en un factor determinante para la lucha contra el covid-19. Debido a las limitaciones y la importancia de la calibración en esta tecnología, queda claro que es fundamental conocer tanto los puntos fuertes y ventajas de las cámaras termográficas para esta aplicación, como sus especificaciones y requerimientos para un funcionamiento sin errores y óptimo (Hernández, 2020, p.17-24).

Definición del problema

Los elementos, equipos y máquinas siempre se ven afectados por la temperatura, la cual varía en el desarrollo de su función requerida y disminuyendo su vida útil; en tal virtud la termografía infrarroja es una de las herramientas para el diagnóstico técnico y mantenimiento basado en la condición, busca generar un diagnóstico del estado en el cual se encuentran los activos físicos. En el diagnóstico cuando se saca termogramas mayores a un metro de distancia la cámara termográfica registra temperaturas menores a la temperatura real, es decir, mientras más se aleja la cámara termográfica del elemento inspeccionado este valor varía en función de la distancia, por lo tanto la temperatura real del elemento inspeccionado tomada con una termocupla es diferente al termograma proporcionado por la cámara con la corrección y sin la corrección de la distancia, dicho en otras palabras, generando un valor de error con respecto a la temperatura real. El proyecto investigativo nace debido a que existe poca evidencia de trabajos de investigación relacionados, los cuales cuantifiquen y validen el error que se produce.

Justificación del problema

En la actualidad las cámaras termográficas se usan ampliamente en distintos estudios para el mantenimiento basado en la condición (Ullah et al., 2017: pp.2-13).

Todos los instrumentos de medición tienen que mantenerse calibrados, como por ejemplo las cámaras termográficas, donde la verificación y calibración térmica se basa en los cuerpos negros, que eluden la reflectividad de la radiación espuria, y originan condiciones de temperatura controlada con seguimiento a una referencia nacional. Generalmente el rendimiento del sistema de visión se basa en su mayoría de la precisión de la calibración de las cámaras (Flores et al., 2020: pp.43-54). La investigación es de interés mundial, donde el público tendrá la posibilidad de tener un conocimiento preciso en cuanto a la variación de temperatura obtenida mediante termografía infrarroja en función del incremento de la distancia de medición y la resolución de la cámara termográfica. Se realizará adecuaciones en un banco de pruebas que se encuentra en el laboratorio de Diagnóstico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en el cual se adaptará una probeta de mayor conductividad térmica y mayor tamaño, para obtener los datos. La recolección y análisis de datos es el alma de nuestro proyecto, para ello se utilizará cámaras termográficas con distintas resoluciones, con las cuales se determinarán cuarenta valores por cada metro de distancia hasta completar doce metros de distancia del elemento inspeccionado, después de ello se realizará una regresión lineal entre la variable independiente que es la distancia de medición y resolución de la cámara y la variable dependiente que es la temperatura obtenida mediante termografía infrarroja, para obtener la

ecuación de la corrección definitiva, en el cual se verán involucrados factores externos que influirán en que la temperatura se mantenga constante para la medición con la cámara termográfica, tales factores son el viento, la humedad y el calor, cuyas condiciones deben ser similares para la recolección de datos. Adicionalmente se necesita realizar un control PID que permitirá tener una temperatura constante al momento de realizar la toma de datos con la cámara termográfica infrarroja.

Objetivos

Objetivo general

Estudiar la variación de la temperatura obtenida mediante termografía infrarroja en función del incremento de la distancia de medición y la resolución de la cámara termográfica infrarroja.

Objetivos específicos

Optimizar el banco de pruebas del laboratorio de diagnóstico técnico y eficiencia energética en la facultad de mecánica utilizando un control PID para la temperatura.

Recolectar datos de termogramas a diferentes distancias y con diferentes resoluciones de cámara.

Analizar y comparar estadísticamente los datos obtenidos.

Determinar la relación entre la distancia, la resolución de la cámara y temperatura medida.

Hipótesis

La distancia de medición y la resolución de la cámara termográfica influyen en el valor medido.

Variable dependiente

Temperatura obtenida mediante termografía infrarroja.

Variable independiente

Distancia de medición y resolución de la cámara.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Mantenimiento

Combinaciones de todas las acciones técnicas, administrativas y de gestión realizadas durante el ciclo de vida de un elemento destinadas a conservarlo o a devolverlo a un estado en el que pueda desempeñar la función requerida (CEN/TC 319, 2018, p.6).

1.1.1. Mantenimiento basado en la condición

Mantenimiento basado en la condición que se realiza siguiendo una predicción obtenida del análisis repetido o de características conocidas y de la evaluación de los parámetros significativos de la degradación del elemento (CEN/TC 319, 2018, p.16).

1.2. Termografía

La termografía es una herramienta basada en el estudio de la temperatura que poseen los equipos y las instalaciones de una empresa en las cuales no se interrumpen su ciclo de producción (Olarte et al., 2011: pp.253-256).

Para realizar un análisis de temperatura es necesario establecer una rutina programada de medición y recolección de información que permita detectar cuando dicha magnitud ha variado (Olarte et al., 2011: pp. 253-256).

1.3. Leyes de la termodinámica

1.3.1. Primera ley de la Termodinámica

Carnot establece claramente que si hay un diferencial de temperaturas entre dos cuerpos puede producirse un trabajo útil (García, 2016, p.103).

En todo proceso en la naturaleza, la energía se conserva si se toma en cuenta el calor (García, 2016, p.103).

Es simplemente una expresión del principio de conservación de la energía, y sostiene que la energía es una propiedad termodinámica (Cengel y Boles, 2012: p.2).

1.3.2. Segunda ley de la Termodinámica

Afirma que la energía tiene calidad, así como cantidad, y los procesos reales ocurren hacia donde disminuye la calidad de la energía (Cengel y Boles, 2012: p.2).

1.4. Termografía infrarroja

Con respecto a la termografía, cabe rescatar que es la ciencia de adquisición y análisis de información térmica a partir de dispositivos sin contacto directo, los cuales son capaces de captar la radiación infrarroja emitida por un cuerpo (Hernández, 2020, p.15).

Por otro lado, la termografía infrarroja, y más concretamente las cámaras termográficas nos aportan la siguiente información:

- Permite realizar la medida de temperatura con factibilidad a objetos móviles y de difícil acceso.
- No produce interferencias con el funcionamiento y/o comportamiento propio del elemento a medir, por el motivo de ser una técnica sin contacto, con la caracterización de que no existe inercia térmica.
- La posibilidad de realizar la medida de grandes superficies con facilidad y rapidez.
- Admite la captación de la temperatura de varios objetos de forma simultánea, en los que cada píxel de la imagen facilita sensores de temperatura independientes.
- Aporta un tiempo rápido de respuesta. Además, otorga la observación de fenómenos transitorios de temperatura mediante cámaras de alta velocidad.
- Proporciona una precisión elevada y una alta repetibilidad con una alta fiabilidad en todas y cada una de sus mediciones, la cual es una característica clave en la medición de procesos (Hernández, 2020, p.15).

1.5. Principio de la Termografía

Todos los cuerpos cuya temperatura excede el cero absoluto ($0^{\circ}\text{K} - 273^{\circ}\text{C}$) emiten una radiación térmica que el ojo humano no alcanza a percibir. La magnitud de dicha radiación está relacionada directamente con la temperatura del objeto (Olarte et al., 2011: p.254).

Por medio de la energía emitida de un objeto se puede conocer la temperatura que este posee. Mientras más caliente se encuentra un cuerpo, más energía infrarroja emitirá (Olarte et al., 2011: p.254).

La energía infrarroja no se puede ver, pero con el desarrollo de la tecnología, ya existen equipos especializados en captar esta energía y transformarla en imágenes visibles que permiten determinar la temperatura de los objetos (Olarde et al., 2011: p.254).

1.6. Tipos de termografía

Las cámaras termográficas pueden entregar dos tipos de medidas. Medidas cualitativas y medidas cuantitativas como se explican continuación:

1.6.1. Medidas Cualitativas

Son imágenes que poseen diversos colores por medio de los cuales se pueden identificar los puntos más calientes y verificar la uniformidad de la temperatura del equipo (Olarde et al., 2011: p.255).

1.6.2. Medidas Cuantitativas

Son valores exactos de temperatura de los puntos calientes que sirven para determinar la gravedad de un problema existente, para realizar una acción correctiva pertinente la cual permite al equipo volver a su estado normal de operación (Olarde et al., 2011: p.255).

1.6.3. Cámara termográfica

Es un equipo que mide la radiación térmica de los cuerpos y la convierte en una imagen visible de varios colores los cuales están establecidos por su temperatura. Generalmente, estas cámaras manejan longitudes de onda entre $8\mu\text{m}$ y $15\mu\text{m}$, se puede observar una cámara termográfica en la figura 1-1 (Olarde et al., 2011: p.254).

1.7. Emisividad temperatura reflejada

Aquí encontramos tres conceptos claves a definir: en primer lugar, la emisividad, que es la relación entre la radiación emitida por un cuerpo real y la radiación emitida por un cuerpo negro, el cual se encuentra a la misma temperatura y longitud de onda (HERNANDEZ, 2020 pág. 25).

En segundo lugar, la transmitancia, que es la fracción de radiación incidente transmitida por una superficie analizada (Hernández, 2020, p.26).

En tercer lugar, la reflectancia, que es la fracción de radiación incidente reflejada por una superficie (Hernández, 2020, p.26).



Figura 1-1: Cámara termográfica.

Fuente: (Fluke, 2021).

1.8. Principios fundamentales de la radiación infrarroja

En Física la luz visible, la radiación ultravioleta y la radiación infrarroja son descritas como ondas y en muchas ocasiones como ondas electromagnéticas (Picazo, 2016, pp.35-36).

Las ondas son definidas como perturbaciones periódicas que mantienen su forma mientras se desplazan en el espacio en función del tiempo (Picazo, 2016, pp.35-36).

El espacio que existe entre dos puntos similares de la onda se llama longitud de onda (λ), el tiempo que tarda la onda en hacer una oscilación completa se llama periodo de oscilación (T) y a su universo (el número de veces que la onda oscila en un tiempo determinado) se llama frecuencia (f). La longitud de onda y la frecuencia están relacionadas por la velocidad de propagación (c) mediante la siguiente ecuación (Picazo, 2016, pp.35-36).

$$c = f \cdot \lambda \quad (1)$$

La fracción del espectro electromagnético la cual los ojos humanos pueden percibir es pequeña proporción de todo el rango que incluyen todos los tipos de radiación, desde las ondas de radio hasta los rayos X.

1.8.1. Emisividad

Es la capacidad que posee un cuerpo para emitir energía térmica (Olarte et al., 2011: p.254).

La característica de emisión de radiación de un cuerpo se basa en la propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas a partir de un medio. Además, la emisión de radiación se produce en actos cotidianos como el de calentarnos bajo el fuego de una chimenea en invierno o al calentarnos cualquier alimento para consumirlo, esta emisión está formada de una partícula llamada fotón, que es la encargada de realizar la interacción electromagnética (Hernández, 2020, p.24).

1.8.2. Cuerpo negro

Un objeto cualquiera que posea una temperatura mayor a 0° Kelvin emitirá radiación térmica. La radiación térmica máxima que los cuerpos pueden emitir dependerá únicamente de su temperatura y la propiedad del material la cual se denomina emisividad (ϵ) (Picazo, 2016, p.38).

Para los cuerpos negros la emisividad tiene un valor de 1, como consecuencia esto nos indica que es capaz de emitir absolutamente toda la radiación térmica recibida hasta cuando se logre el equilibrio térmico en su entorno, es por esa razón que recibe el nombre de radiador perfecto (Picazo, 2016, p.38).

1.8.3. Convección

Se lleva a cabo por las corrientes de convección, las cuales provocan que se muevan el fluido según su temperatura y la densidad asociada a la misma (Hernández, 2020, p.21).

1.8.4. Conducción

Depende de la conductividad térmica del material en contacto, es decir, que es la rapidez con la que permite que se transmita la energía calorífica. Depende de la conductividad térmica del material en contacto, es decir de la rapidez con la que permite que se transmita la energía calorífica (Hernández, 2020, p.21).

1.8.5. Radiación

Consiste en la propagación de energía electromagnética (Hernández, 2020, p.21).

1.8.6. Radiación electromagnética

Es el fenómeno por medio del cual las ondas electromagnéticas transportan energía de un lugar a otro (Olarde et al., 2011: p.254).

1.8.7. Radiación térmica o calor

Es la transferencia de energía generada por los cuerpos cuando poseen una temperatura superior al cero absoluto ($0^{\circ}\text{K} - 273^{\circ}\text{C}$), la cual se propaga en forma de ondas electromagnéticas (Olarde et al., 2011: p.254).

1.8.8. Espectro infrarrojo

Es la región del espectro electromagnético producida por la radiación térmica o el calor de los cuerpos. Este espectro está formado por ondas electromagnéticas cuyo rango está comprendido entre $0,75\ \mu\text{m}$ ($400\ \text{THz}$) y $1000\ \mu\text{m}$ ($300\ \text{GHz}$) (Olarde et al., 2011: p.254).

1.9. Influencia de la temperatura del entorno

Las cámaras termográficas tienen la compensación de temperatura reflejada, es decir introducir la temperatura del entorno en la cámara para que esta compense los reflejos producidos por el entorno. En el caso que la temperatura del entorno sea mayor a la temperatura del cuerpo se debe tratar de disminuir el dominio de la componente reflexiva, es decir, tratar que la cámara termográfica este perpendicularmente a la superficie del objeto a medir para que solo reciba la radiación reflejada por la propia cámara.

Para temperaturas del entorno inferiores a la temperatura del cuerpo, la reducción de la emisividad da lugar normalmente al incremento de la temperatura en cuerpos pocos reflexivos. Por el contrario, si la temperatura ambiente es superior a la temperatura del cuerpo, una reducción de la emisividad puede dar lugar a una reducción de la temperatura calculada del cuerpo.

1.10. Atenuaciones causadas por el medio

Las atenuaciones se producen por el medio existente entre el objeto y la cámara termográfica, es decir hay la existencia de polvo, vapores, humos, además de la existencia temporal de cierto cuerpo opaco que bloquee la radiación como por ejemplo plásticos, cristales y otros.

1.11. Ventanas infrarrojas

¿Qué es una ventana infrarroja? Es aquella cuyas propiedades ópticas permiten el paso de la luz cuya longitud de onda se encuentra dentro del espectro del infrarrojo. De esta forma, permiten la inspección de termografía a través de ellas haciendo uso de una cámara termográfica (Trujillo de Celis, 2018, p.17).

1.12. Sensibilidad térmica

La sensibilidad térmica denominada NETD (Noise Equivalent Temperature Difference, es decir ruido equivalente a la menor temperatura detectable). En consecuencia, cuanto más bajo es el NETD mejor se puede detectar un contraste térmico significativo observable emergido por sobre el ruido del sistema (Balageas, 2007, p.7).

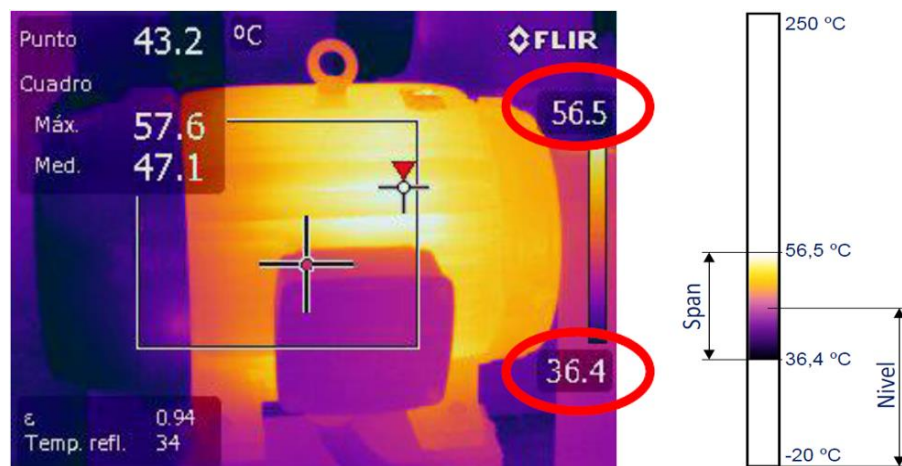


Figura 2-1: Diferencia entre el ajuste de temperatura alto y bajo

Fuente: (Hernández, 2021).

1.13. Span térmico

En termografía el span térmico se refiere a la diferencia entre el ajuste de temperatura alto y bajo de una imagen infrarroja como se puede ver en la figura 2-1. El control del span puede ser ajustando en manual o en automático (Hernández, 2021, p.105).

1.14. Enfoque

La problemática del enfoque se define:

Los problemas más comunes con la mayoría de las imágenes termográficas son debido a la captura de imágenes desenfocadas. Esto hace que el análisis y la evaluación sea cada

vez más difícil, porque una imagen termográfica desenfocada puede generar una disminución de la temperatura real sobre todo si estamos midiendo puntos muy calientes (Hernández, 2021, p.107).

1.14.1. Resolución espacial

La resolución espacial denominada IFVO (Instantaneous Field Of View, es decir, campo de visión instantáneo) se expresa en miliradians y se trata del área cubierta por un sensor remoto en un determinado momento, esto depende de la resolución de la cámara, tamaño del píxel en el detector, distancia focal de la lente y la distancia del objeto a medir (Balageas, 2007, p.49).

1.15. Paleta de colores

Las paletas de colores que ofrecen las cámaras termográficas infrarrojas son en una amplia selección, están integradas en la cámara y en el software, lo que permite distinguir rápidamente las variaciones térmicas y los patrones en las imágenes. Los tonos pertenecen a la temperatura superficial aparentes del objeto. Es importante elegir la paleta de colores que mejor muestre la diferencia de calor para su aplicación particular (Fluke, 2021), en la figura 3-1 se muestra la comparativa de las diferentes paletas de colores con las que puede ser tomado un termograma a través de la cámara.

1.15.1. Rango térmico

El rango de temperatura de una cámara termográfica son los valores máximos y mínimos de temperatura, donde una cámara termográfica puede medir con precisión. La medición de un objeto con una alta temperatura mediante un rango de temperatura bajo un rango de temperatura puede causar que la imagen tomada aparezca confusa porque no se puede establecer el punto más caliente del objeto debido a que la termografía se mostrara de color blanco, como ejemplo decimos que un objeto tiene un punto caliente de 600°C y usamos un nivel de temperatura de -40 a 550°C solo se observa a una imagen en blanco en la pantalla de la cámara termográfica como se mira en la figura 4-1 (Hernández, 2021, p.108).

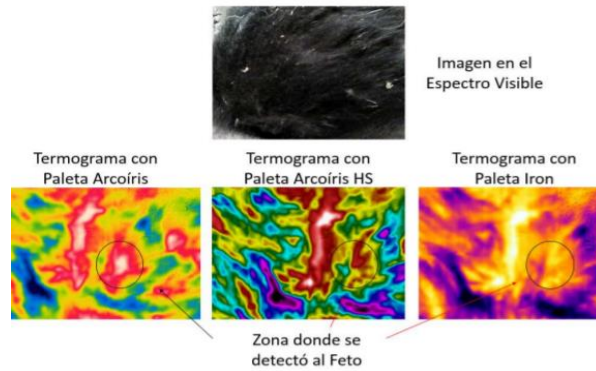


Figura 3-1: Paletas de colores

Fuente:(Hernández, 2021).



Figura 4-1: Punto caliente de 600°C

Fuente: (Hernández, 2021).

1.15.2. Flujo de calor

El flujo de calor (ϕ), es la cantidad de energía que fluye por una superficie en un tiempo explícito y como unidad de medida en el sistema internacional (SI) (W/m^2). Al mismo tiempo, se caracteriza por la ley de Fourier, donde el calor se conduce en una sola dimensión y por conducción como se muestra en la ecuación (2).

$$\phi = -k \cdot \frac{dT(x)}{dx} \quad (2)$$

1.16. Radiación de los cuerpos Ley de Kirchhoff y ley de Stefan Boltzmann

En primer parte, la ley de Kirchhoff dice que: “para un cuerpo arbitrario que emite y absorbe radiación térmica en equilibrio termodinámico, la emisividad es igual a la capacidad de absorción”, dicho de otra manera, toda componente absorbida, es la idéntica emitida en un sistema ideal (sistema cerrado). Asimismo, la suma de las componentes tiene que ser igual 1 como se representa en la ecuación (3).

$$\varepsilon + \tau + \rho = 1 \quad (3)$$

Donde:

ε es emisividad

ρ es transmitancia

τ es reflectancia

Existen tres tipos de cuerpos, cuando nos enfocamos en las características de una superficie en condiciones ideales:

- **Cuerpo negro:** cualquier objeto que emite todo lo que recibe.
- **Espejo reflecto:** es aquel que es capaz de reflejar todo lo que recibe.
- **Cuerpo transparente:** cualquier objeto que trasmite todo lo que recibe.

Desde otra perspectiva, un cuerpo negro según la ley de Stefano – Boltzmann dice que toda la materia que no tiene una temperatura excesivamente elevada emite dos tipos de radiaciones térmicas distintas (Picazo, 2016, pp.35-36).

1.17. RStudio

Se trata de una interfaz que nos permite tener acceso de una manera muy sencilla a R en su totalidad. Conociendo que R es un lenguaje orientado a objetos, también se usa para cálculos estadísticos y la además generar gráficos.

Sus características de análisis y programación estadística lo convierten en un lenguaje de programación completo en el cual podemos añadir técnicas. (Vargas y Mesa, 2021: p.11)

1.18. Regresión lineal

La regresión lineal es una de las herramientas estadísticas que se usa ampliamente para analizar cómo influye un conjunto de variables dependientes en otra variable independiente, donde acepta la estimación numérica de los signos y magnitudes de los coeficientes en una relación lineal previamente establecida. La correlación de variables debido a la existencia de determinantes comunes es una característica de las variables económicas (Salmerón y Martínez, 2017: pp.169-189).

La regresión lineal múltiple trata de ajustar modelos lineales o linealizables entre una variable dependiente y más de unas variables independientes. En este tipo de modelos es importante testar

la heterocedasticidad, la multicolinealidad y la especificación. La correlación es una medida de la similitud de la variabilidad de dos magnitudes estocásticas (que varían, las denominamos variables). La ventaja de la correlación como medida de asociación es la sencillez de cálculo y su inconveniente es que, a veces, no es suficiente para comprender la relación entre ambas (Salmerón Gómez y Eduardo Martínez, 2017: pp.169-189).

Existen diversas técnicas de regresión, pero estas serán determinadas en función del tipo de variables que posea y de la funcionalidad que tendrá entre ellas.

El modelo de regresión lineal múltiple donde suponemos que más de una variable tiene influencia o esta correlacionada con el valor de una tercera variable, como por ejemplo en el peso de persona pueden influir edad, género y estatura variable (Salmerón y Martínez, 2017: pp.169-189).

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Análisis de los requerimientos del banco de pruebas experimental

El banco de pruebas que se encuentra ubicado en el laboratorio de Diagnostico Técnico y Eficiencia Energética tuvo una revisión en la cual pudimos comprender más acerca del funcionamiento para el cual fue construido.

El análisis obtuvo los siguientes resultados:

Es necesario la instalación de un control PID, para mantener la temperatura constante en las probetas.

Se realiza un acercamiento al banco de pruebas que requiere ser modificado a las exigencias del trabajo de investigación ubicado en el laboratorio de Diagnostico Técnico y Eficiencia Energética de la Facultad de Mecánica.



Figura 1-2: Banco de pruebas.

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

Para el estudio del trabajo de integración curricular es necesario tener un lugar que contenga dimensiones superiores a 12 metros de largo, por tal motivo se optó por hacer un pedido al decano de la Facultad de Mecánica por el laboratorio de máquinas y herramienta.



Figura 2-2: Laboratorio de máquinas y herramientas

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

2.1.1. Condiciones requeridas por el experimento

Las condiciones que necesita el banco de prueba son:

- Necesita la instalación de un control PID, el cual se encargará de controlar y de mantener la temperatura constante:
- Cubrir los orificios laterales de la caja de intermedia del banco de pruebas.
- Instalar un controlador PID para mantener una temperatura constante.
- Instalar una termocupla tipo K para la temperatura.
- Construir e instalar probetas aluminio, cobre para tomar los termogramas.
- Conseguir un sitio idóneo en la Facultad de Mecánica para poder realizar los termogramas sin influencia de las condiciones ambientales.

2.1.2. Análisis del sistema control del banco de pruebas

El banco de pruebas se ha visto la necesidad de colocar un controlador PID, el cual permita controlar mediante una termocupla tipo K la temperatura de la probeta y mantenerla constante para la recolección de los termogramas.

2.2. Selección de materiales para probetas de ensayo

La prueba busca encontrar materiales que comúnmente se usan en la industrial, para la selección se tomó en cuenta como material que tenga características de alta transmisión térmica como el aluminio y el bronce.

Parte de la investigación también nos permitió conocer las características térmicas que posee el oro y la plata posicionando estos elementos como los mejores conductores de calor, pero estos materiales fueron descartados por el alto costo que posee en el mercado.

Tabla 1-2: Propiedades físicas del aluminio y el cobre

PROPIEDADES	ALUMINIO	COBRE
Masa Atómica (g/mol)	26,9815	63,54
Densidad (g/ml)	2,70	8,90
Punto de ebullición (°C)	2467	2295
Punto de fusión (°C)	660	1083

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

2.2.1. Fabricación de las probetas

El maquinado fue realizado en un torno universal a 600 revoluciones por minuto con una cuchilla número 17, las dimensiones de las probetas óptimas se sacarán respecto al análisis del termograma.

Se realizaron 3 probetas en forma cubica de (30x30) mm, (40x40) mm y (50x50) mm.



Figura 3-2: Probeta de aluminio.

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

2.2.2. Ejecución de las adecuaciones del banco de pruebas

Con la ayuda de un taladro y una sierra se perforo la caja eléctrica para colocar el controlador PID C100.



Figura 4-2: Colocación del controlador PID TCN45

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

Realizar las conexiones eléctricas del controlador PID como se muestra en el diagrama del ANEXO N.

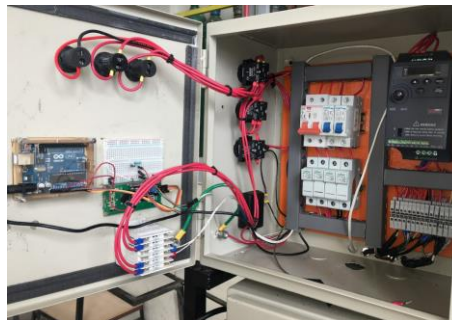


Figura 5-2: Conexión eléctrica

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

Colocar un soporte metálico para la probeta de aluminio y cobre que se va a ensayar

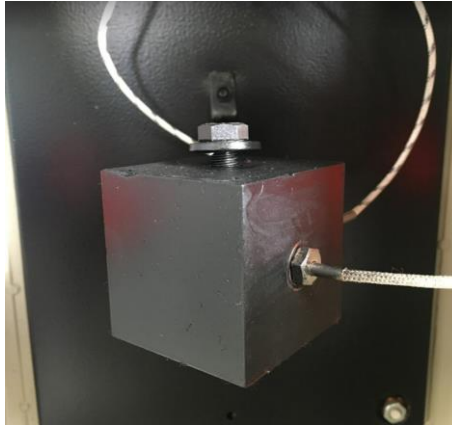


Figura 6-2: Colocación de control PID

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

2.3. Pruebas funcionales del banco de pruebas

2.3.1. Prueba funcional del controlador PID

Se estable un valor de temperatura de 85°C en el controlador PID, denotando un adecuado funcionamiento del controlador PID.

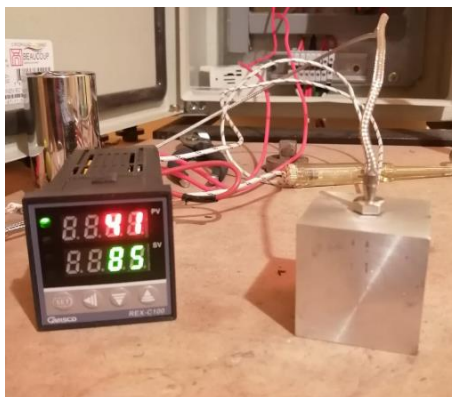


Figura 7-2: Prueba funcional del controlador PID

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

2.3.2. Prueba funcional de la termocupla tipo k

Se estableció un valor de temperatura y se obtuvo un enrojecimiento de la resistencia.

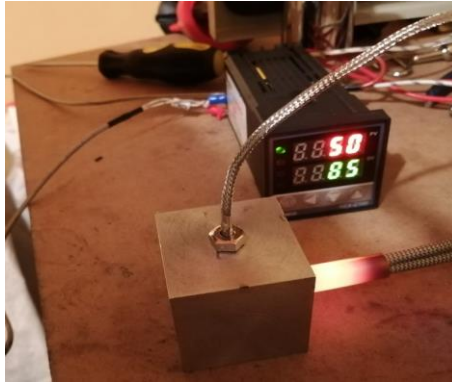


Figura 8-2: Prueba funcional de la termocupla tipo K

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

2.3.3. Prueba funcional de la probeta de ensayo

Se estableció una temperatura en el control PID, para que la resistencia genere calor y sea transmitido a la probeta.

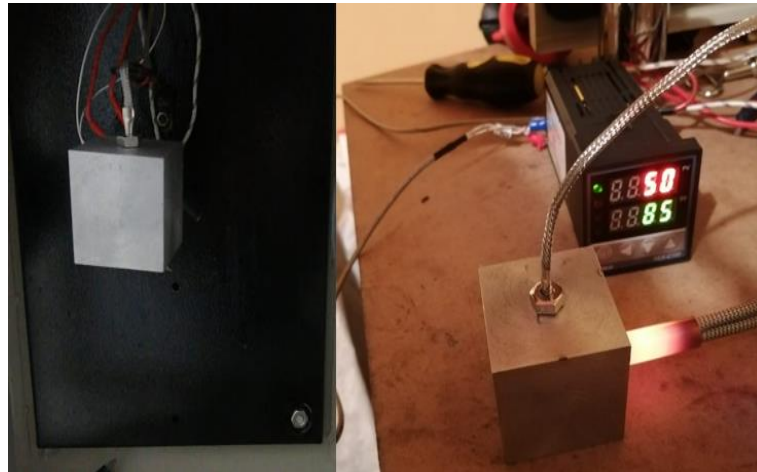


Figura 9-2: Prueba funcional de la probeta

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

2.4. Selección de las cámaras termográficas

Las cámaras termográficas para utilizar son la Satir HotFind VR, Satir HotFind s y Satir D 600 con las siguientes características:

2.4.1. Cámara termográfica Satir HotFind VR

Tabla 2-2: Características de la cámara termográfica Satir HotFind VR

Ítem	Especificación
FOC/Min. Distancia de enfoque	20° x 15°/0,1 m
Resolución espacial	2,2 mrad
Sensibilidad térmica	≤ 0,08°C @ 30°C 100mk
Resolución	160x120 Píxeles
Rango espacial	8 – 14 μm
Enfoque	Manual
Rango de medida	-20°C +250°C hasta +1500°C (Opcional)
Precisión	±2°C , ±2% de las lecturas

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.



Figura 10-2: Cámara termográfica Satir HotFind VR

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

Pasos para seguir para realizar la medición de la termografía:

- Armar el trípode de la cámara termográfica Satir HotFind VR, colocarlo de metro en metro de distancia y hasta cumplir con diez metros de distancia sucesivamente (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 metros) del punto de medición.
- Colocar la cámara termográfica Satir HotFind VR en el trípode.
- Retirar la protección del lente de la Satir HotFind VR.
- Encender la cámara termográfica Satir HotFind VR.
- Establecer parámetros globales: emisividad, humedad relativa y temperatura ambiente.
- Ajustar el enfoque de forma manual para tener mayor visibilidad.
- Pulsar el botón A para corregir la escala de temperatura.
- Tomar el termograma con el botón de disparo.

- i) Apagar la cámara termográfica Satir HotFind VR.
- j) Extraer la tarjeta de memoria y copiar los archivos (Termogramas) a una computadora.
- k) Abrir los archivos con la aplicación SatirReport y obtener el valor de temperatura máxima deseado.

2.4.2. Cámara termográfica Satir HotFind S

Tabla 3-2: Características de la cámara termográfica Satir HotFind S

Ítem	Especificación
FOC/Min. Distancia de enfoque	24° x 18°/0,1 m
Resolución espacial	1,3 mrad
Sensibilidad térmica	≤ 0,05°C @ 30°C
Mecanismo de enfoque	Mecanizado
Resolución	384x288 Píxeles
Enfoque	Manual
Rango de medida	-20°C +250°C hasta +1500°C (Opcional)
Precisión	±2°C , ±2% de las lecturas

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.



Figura 11-2: Cámara termográfica Satir HotFind S

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

Pasos para seguir para realizar la medición de la termografía:

- a) Armar el trípode de la cámara termográfica Satir HotFind S, colocarlo de metro en metro de distancia y hasta cumplir con diez metros de distancia sucesivamente (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 metros) del punto de medición.
- b) Colocar la cámara termográfica Satir HotFind S en el trípode.
- c) Retirar la protección del lente de la Satir HotFind S.
- d) Encender la cámara termográfica Satir HotFind S.

- e) Establecer parámetros globales: emisividad, humedad relativa y temperatura ambiente.
- f) Ajustar el enfoque de forma manual para tener mayor visibilidad.
- g) Pulsar el botón A para corregir la escala de temperatura.
- h) Tomar el termograma con el botón de disparo.
- i) Apagar la cámara termográfica Satir HotFind S.
- j) Extraer la tarjeta de memoria y copiar los archivos (Termogramas) a una computadora.
- k) Abrir los archivos con la aplicación SatirReport y obtener el valor de temperatura máxima deseado.

2.4.3. Cámara termográfica Satir D 600

Tabla 4-2: Características de la cámara termográfica Satir D 600

Ítem	Especificación
FOC/Min. Distancia de enfoque	24° x 18°/0,35 m
Resolución espacial	0,65 mrad
Sensibilidad térmica	≤ 0,05°C @ 30°C
Mecanismo de enfoque	Mecanizado/Auto
Resolución	640x480 Pixeles
Enfoque	Manual/Automático
Rango de medida	-20°C +600°C hasta +1500°C (Opcional)
Precisión	±2°C , ±2% de las lecturas

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.



Figura 12-2: Cámara termográfica Satir D 600

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

Pasos para seguir para realizar la medición de la termografía:

- a) Armar el trípode de la cámara termográfica Satir D 600, colocarlo de metro en metro de distancia y hasta cumplir con diez metros de distancia sucesivamente (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 metros) del punto de medición.
- b) Colocar la cámara termográfica Satir D 600 en el trípode.
- c) Retirar la protección del lente de la Satir D 600.
- d) Encender la cámara termográfica Satir D 600.
- e) Establecer parámetros globales: emisividad, humedad relativa y temperatura ambiente.
- f) Ajustar el enfoque de forma manual o automática para tener mayor visibilidad.
- g) Pulsar el botón A para corregir la escala de temperatura.
- h) Tomar el termograma con el botón de disparo.
- i) Apagar la cámara termográfica Satir HotFind VR.
- j) Extraer la tarjeta de memoria y copiar los archivos (Termogramas) a una computadora.
- k) Abrir los archivos con la aplicación SatirReport y obtener el valor de temperatura máxima deseado.

2.5. Procedimiento para la toma de datos

2.5.1. Análisis para el tamaño de probeta de ensayo adecuada

Para realizar este ensayo se ingresó una temperatura de 70°C en el control PID, la cual se la designó de manera aleatoria y lo cual se corrobora con las tablas que se encuentran en los Anexos.

En el ensayo, para obtener el tamaño de la probeta óptima se obtuvo los siguientes datos de temperatura máxima de las probetas de ensayo de aluminio:

2.5.1.1. Probeta de aluminio de (30x30) mm

Tabla 5-2: Parámetros Globales

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD
Humedad	58	%
Temperatura ambiente	23,3	°C
Emisividad	0,95	

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

Tabla 6-2: Valores de temperatura de la probeta de aluminio de (30x30) mm

N°	Temperatura Real	Distancia de 1m	Distancia de 6m		Distancia de 12m	
			Sin corrección	Con corrección	Sin corrección	Con corrección
1	70	46,7	48,2	46,7	30,0	30,3
2	70	46,7	46,0	46,7	29,8	30,5
3	70	48,0	47,5	48,0	30,0	30,5
4	70	47,9	47,3	47,9	30,0	31,0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
25	70	47,2	47,9	47,2	29,8	30,6
Promedio		47,188	47,492	47,388	29,948	30,216
Desviación estándar		1,24977331	0,95477746	0,69541355	0,32547401	0,2733739
Coefficiente de variación		2,65%	2,01%	1,47%	1,09%	0,90%
Error		-32,59%	-32,15%	-32,30%	-57,22%	-56,83%

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

En la Tabla 6-2 se representa los valores de temperatura proporcionados por la cámara termográfica Satir HotFind VR, donde el coeficiente de variación de 2,65% de la muestra de control está dentro del rango establecido menor al 30%, es decir, el tamaño de la probeta de aluminio de (30x30) mm es aceptada para la recolección de datos de temperatura mediante imágenes térmicas, el resto de los datos se encuentran en el ANEXO D.

2.5.1.2. Probeta de aluminio de (40x40) mm

Tabla 7-2: Parámetros Globales

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD
Humedad	58	%
Temperatura ambiente	23,3	°C
Emisividad	0,95	

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

En la Tabla 8-2 se representa los valores de temperatura proporcionados por la cámara termográfica Satir HotFind VR, donde el coeficiente de variación de 1,21% de la muestra de control está dentro del rango establecido menor al 30%, es decir, el tamaño de la probeta de aluminio de (40x40) mm es aceptada para la recolección de datos de temperatura mediante imágenes térmicas, el resto de los datos se encuentran en el ANEXO E.

Tabla 8-2: Valores de temperatura de la probeta de aluminio de (40x40) mm

N°	Temperatura Real	Distancia de 1m	Distancia de 6m		Distancia de 12m	
			Sin corrección	Con corrección	Sin corrección	Con corrección
1	70	67,3	55,2	55,7	34,9	34,9
2	70	68,2	55,5	55,3	35	35,2
3	70	66,1	56,1	54,3	34,7	35,0
4	70	66,7	55,9	56,6	39,8	35,2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
25	70	65,5	55,8	55,6	34,7	34,5
Promedio		66,696	55,48	55,816	35,068	34,684
Desviación estándar		0,80647381	0,83066239	0,69502998	1,01682512	0,2953529
Coefficiente de variación		1,21%	1,50%	1,25%	2,90%	0,85%
Error		-4,72%	-20,74%	-20,26%	-49,90%	-50,45%

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

2.5.1.3. *Probeta de aluminio de (50x50) mm***Tabla 9-2:** Parámetros Globales

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD
Humedad	58	%
Temperatura ambiente	23,3	°C
Emisividad	0,95	

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

Tabla 10-2: Valores de temperatura de la probeta de aluminio de (50x50) mm

N°	Temperatura Real	Distancia de 1m	Distancia de 6m		Distancia de 12m	
			Sin corrección	Con corrección	Sin corrección	Con corrección
1	70	70,5	66,7	65,8	61,0	61,7
2	70	69,1	66,2	65,8	60,4	60,0
3	70	66,1	56,1	54,3	34,7	35,0
4	70	66,7	55,9	56,63	39,8	35,2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
25	70	70,5	66,1	65,5	61,4	62,1
Promedio		70,268	66,32	65,66	60,444	60,964
Desviación estándar		0,8424765	0,35472994	0,27080128	1,25169219	0,9304479
Coefficiente de variación		1,20%	0,53%	0,41%	2,07%	1,53%
Error		0,38%	-5,26%	-6,20%	-13,65%	-12,91%

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

En la Tabla 10-2 se representa los valores de temperatura proporcionados por la cámara termográfica Satir HotFind VR, donde el coeficiente de variación de 1,21% de la muestra de control está dentro del rango establecido menor al 30 %, es decir, el tamaño de la probeta de aluminio de (50x50) mm es aceptada para la recolección de datos de temperatura mediante imágenes térmicas, el resto de los datos se encuentran en el ANEXO F.

De esta manera coeficientes de variación 2,65%, 1,21% y 1,20% de una probeta de aluminio (30x30) mm, (40x40) mm y (50x50) mm respectivamente, y mediante este coeficiente demostramos que la probeta de aluminio de (50x50) mm tiene un valor menor respecto a los demás y se da por aceptada dicha probeta.

2.5.1.4. Análisis de los valores de temperatura representados por la Línea 1

Los datos recolectados por la línea 1 del termograma de la Figura 13-2 y la tabla 11-2 se encuentran detallados en el ANEXO E para su respectivo análisis estadístico.

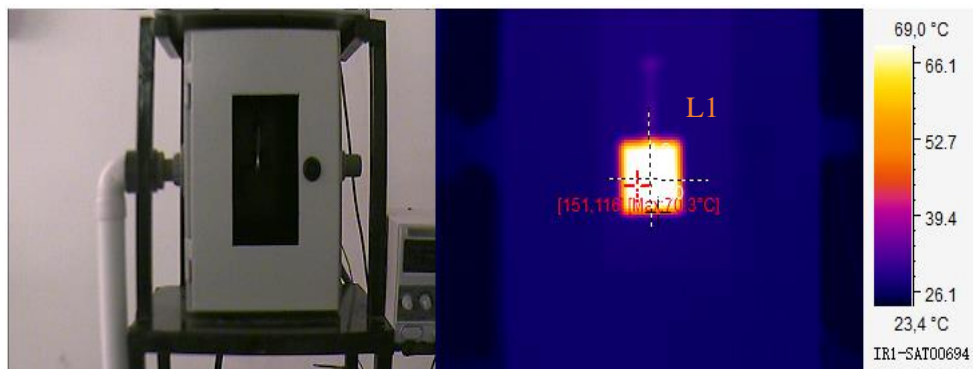


Figura 13-2: Termograma que representa la línea 1 (L1)

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

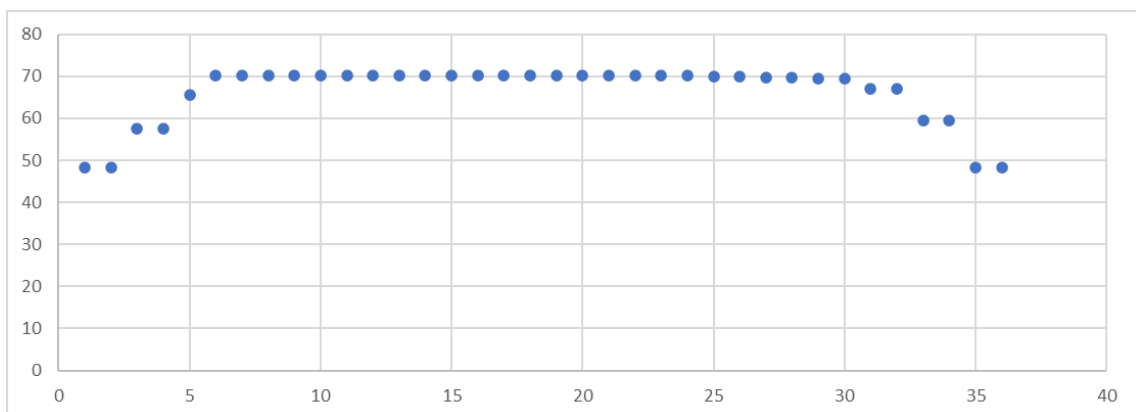


Gráfico 1-2: Número de píxeles vs temperatura.

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

Tabla 11-2: Temperaturas próximas a la temperatura de seteo de 70°C de la línea 1

N°	Temperatura de línea 1
1	70,2
2	70,2
3	70,2
4	70,2
5	70,1
6	70,1
7	70,2
8	70,2
9	70,2
10	70,2
11	70,1
12	70,1
13	70,1
14	70,1
15	70,1
16	70,1
17	70,1
18	70,1
19	70,1
20	70,0
21	70,0
22	69,7
23	69,8
24	69,4
25	69,4
Promedio	70,04
Desviación estándar	0,227303028
Coefficiente de variación	0,32%

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

Se demuestra que la probeta de ensayo adecuada para realizarla recolección de datos mediante imágenes térmicas es en una probeta de (50x50) mm debido que el valor de coeficiente de variación es de 1,20%, es decir, la temperatura se distribuye homogéneamente en toda la cara del cubo de cobre.

2.5.2. *Análisis para el material de la probeta de ensayo adecuada*

2.5.2.1. *Probeta de cobre de (50x50) mm*

Tabla 12-2: Parámetros Globales

PARAMETROS	VALOR	UNIDAD
Humedad	67	%
Temperatura ambiente	24.4	°C
Emisividad	0,95	

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

Tabla 13-2: Valores de temperatura de la probeta de cobre de (50x50) mm

N°	Temperatura Real	Distancia de 1m	Distancia de 6m		Distancia de 12m	
			Sin corrección	Con corrección	Sin corrección	Con corrección
1	70	67,6	64,8	65,2	55,0	52,6
2	70	67,7	64,6	65,3	55,8	54,2
3	70	67,4	64,7	65,4	54,2	51,7
4	70	76,5	64,7	65,3	55,5	52,8
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
25	70	67,4	64,4	65,1	55,3	52,7
Promedio		67,508	64,432	65,244	54,592	53,264
Desviación estándar		0,12220202	0,16258331	0,1325393	1,37505151	1,16828935
Coefficiente de variación		0,18%	0,25%	0,20%	2,52%	2,19%
Error		-3,56%	-7,95%	-6,79%	-22,01%	-23,91%

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

Todos los datos recolectados de la probeta de cobre y aluminio se encuentran a detalle en el ANEXO H y el ANEXO I respectivamente.

2.5.2.2. *Probeta de aluminio de (50x50) mm*

Tabla 14-2: Parámetros Globales

PARAMETRO	VALOR	UNIDAD
Humedad	67	%
Temperatura ambiente	24.4	°C
Emisividad	0,95	

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

Tabla 15-2: Valores de temperatura de la probeta de aluminio de (50x50) mm

N°	Temperatura Real	Distancia de 1m	Distancia de 6m		Distancia de 12m	
			Sin corrección	Con corrección	Sin corrección	Con corrección
1	70	66,0	60,7	60,5	41,1	40,9
2	70	66,8	61,0	60,8	41,0	41,7
3	70	66,5	61,0	60,5	40,1	40,6
4	70	66,6	60,9	60,7	40,6	40,5
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
25	70	66,4	61,0	61,7	40,8	40,5
Promedio	70	66,448	60,696	60,992	40,608	41,176
Desviación estándar		0,22383029	0,38021924	0,39572718	0,43003876	0,42551929
Coefficiente de variación		0,34%	0,63%	0,65%	1,06%	1,03%
Error		-5,07%	-13,29%	-12,87%	-41,99%	-41,18%

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

Se demuestra estadísticamente mediante el coeficiente de variación del cobre y del aluminio que es de 0,18% y 0,34 respectivamente, es decir, que el material óptimo para recolectar los datos es el cobre el cual tiene un coeficiente de variación de 0,18% el cual es menor respecto al coeficiente de variación aluminio.

2.6. Desarrollo del experimento

2.6.1. Cálculo de la muestra

Para el cálculo de la muestra se utiliza la siguiente formula:

$$n = \left(\frac{Z_{\frac{\alpha}{2}} * \sigma}{e} \right)^2 \quad (4)$$

Donde:

$Z_{\frac{\alpha}{2}}$ = se define según el N.C.

α = desviación estándar.

e = Error máximo tolerable.

$$n = \left(\frac{1,9599 * 0,1222}{0,04} \right)^2$$

$$n=36$$

2.6.2. Tomas de temperaturas a diferentes distancias con cámaras termográficas

Para la recolección de datos se utiliza una temperatura mayor al análisis de tamaño y material de probeta optimo el cual es de 90°C, esto se lo realiza para tener una mejor visualización de la variación de la temperatura en los termogramas obtenidos.

Los datos recolectados mediante termografía infrarroja en la cámara Satir HotFind VR, en la cámara Satir HotFind S, en la cámara Satir D-600, en la cámara Satir D-600 con un lente de 12° y en la cámara Satir D-600 con un lente de 48° se detallan en el **ANEXO J**

Tabla 16-2: Condiciones de humedad, temperatura ambiente y emisividad

CÁMARA TERMOGRÁFIC A	HUMEDA D	UNIDA D	TEMPERATUR A AMBIENTE	UNIDA D	EMISIVIDA D
SATIR HOTFIND-VR (160-120)	48	%	22,8	°C	0,95
SATIR HOTFIND-S (384x288)	36	%	25,5	°C	0,95
SATIR D-600 (640x480)	48	%	22,8	°C	0,95
SATIR D-600 (640x480) Lente de 12°	48	%	23,6	°C	0,95
SATIR D-600 (640x480) Lente de 48°	48	%	23,6	°C	0,95

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. Estadística descriptiva de la cámara Satir HotFind VR

Tabla 1-3: Estadística descriptiva de la cámara Satir HotFind VR

Distancia (m)	Mínimo	Cuartil Q1	Mediana	Media	Cuartil Q3	Máximo	Desviación estándar	Varianza
1	87,0	87,1	87,2	87,3	87,4	87,9	0,23	0,05
2	86,0	86,4	86,6	86,7	86,9	87,9	0,48	0,23
3	85,4	85,9	86,0	86,0	86,2	86,6	0,28	0,08
4	85,0	85,3	85,4	85,4	85,5	85,8	0,22	0,05
5	84,4	84,7	84,8	84,8	84,9	85,1	0,17	0,03
6	83,9	84,1	84,3	84,3	84,4	84,7	0,21	0,04
7	83,2	83,4	83,6	83,6	83,7	84,1	0,26	0,07
8	82,0	82,5	82,7	82,7	82,9	83,2	0,30	0,09
9	80,7	81,5	81,7	81,8	82,1	82,8	0,49	0,24
10	79,2	80,1	80,7	80,5	81,0	81,4	0,61	0,38
11	78,1	80,0	80,2	80,2	80,7	81,2	0,70	0,49
12	77,5	78,3	79,2	79,0	79,6	80,1	0,82	0,67

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

Para la estadística descriptiva de los datos sin corrección en la cámara Satir HotFind VR se utiliza la línea de código dispuesta en la parte de estadística descriptiva en el **ANEXO O**.

3.1.1. Test de normalidad de los datos a dos metros de distancia sin corrección

Tabla 2-3: Test de normalidad de las distancias

Distancia (m)	Datos no normales (p-valor)	Datos normalizados (p-valor)
1	0,0134	0,9088
2	0,0861	0,0861
3	0,1958	0,1958
4	0,03666	0,7119
5	0,1263	0,1263
6	0,1596	0,1596
7	0,0163	0,5936
8	0,1523	0,1523
9	0,5286	0,5286
10	0,0158	0,7756
11	0,004102	0,3733
12	0,01129	0,5913

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

En la tabla 2-3, mediante la prueba de normalidad de Shapiro Wilk para muestras menores a 50 datos se determina que los metros 2, 3, 5, 6, 8 y 9 su p valor es mayor que 0,05, por tanto, se acepta la hipótesis nula, es decir, los metros 2, 3, 5, 6, 8 y 9 se ajustan a una distribución normal con un nivel de confianza del 95%. Además, los metros 4, 7, 10, 11 y 12 su p valor es menor que 0,05, por tanto, se concluye que rechaza la hipótesis nula, es decir, los metros 4, 7, 10, 11 y 12 no se ajustan a una distribución normal con un nivel de confianza del 95%.

Para hacer normalizar los datos se utiliza Bootstrap en los datos que se muestran en tabla 2-3 y su línea de código está dispuesta en el ANEXO O en transformaciones Bootstrap. Para el histograma de la distancia de 2 metros sin corrección se utiliza la siguiente línea del código dispuesta en el ANEXO O en histogramas.

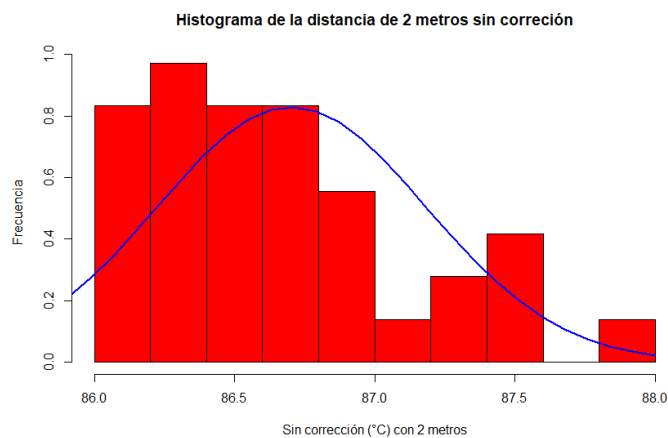


Gráfico 1-3: Histograma de la distancia de 2 metros sin corrección

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

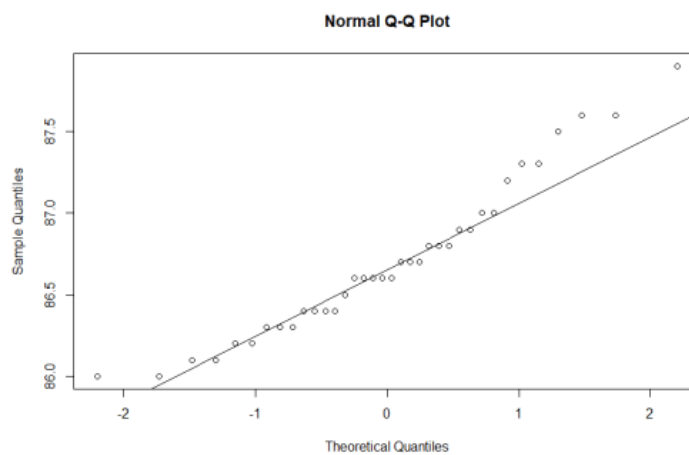


Gráfico 2-3: Diagrama de q-q a dos metros de distancia sin corrección

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

Para desarrollar el diagrama de q-q a dos metros de distancia sin corrección se utiliza la siguiente línea de código:

```
qqnorm(metro2$SinCo)
qqline(metro2$SinCo)
```

Dado que el valor de p-valor es de 0,0816, es decir, mayor que 0,05 por tanto se concluye que la hipótesis alternativa es aceptada, por lo tanto, la muestra de datos de la variable sin corrección de la distancia a dos metros de distancia se ajusta a una distribución normal con el nivel de confianza del 95%.

3.2. Estadística descriptiva de la cámara Satir HotFind VR

Tabla 3-3: Estadística descriptiva de la cámara Satir HotFind VR

Distancia (m)	Mínimo (°C)	Cuartil Q1	Mediana (°C)	Media (°C)	Cuartil Q3	Máximo (°C)	Desviación estándar	Varianza
1	87,0	87,1	87,2	87,3	87,4	87,9	0,23	0,05
2	86,2	86,5	86,5	86,7	86,9	87,7	0,41	0,17
3	85,7	86,0	86,2	86,2	86,4	86,6	0,24	0,06
4	85,3	85,5	85,8	85,8	86,0	86,4	0,29	0,09
5	84,7	84,9	85,1	85,1	85,3	85,5	0,22	0,05
6	83,9	84,1	84,4	84,4	84,6	84,9	0,27	0,07
7	83,5	83,9	84,1	84,1	84,2	84,7	0,24	0,06
8	82,3	83,0	83,2	83,1	83,3	83,6	0,33	0,11
9	81,2	82,3	82,8	82,6	82,9	83,3	0,51	0,26
10	80,4	80,9	81,1	81,1	81,4	81,8	0,40	0,16
11	79,1	80,2	80,7	80,7	81,3	81,9	0,71	0,51
12	78,0	78,9	79,8	79,5	80,2	80,7	0,91	0,82

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

Para la estadística descriptiva de los datos con corrección en la cámara Satir HotFind VR se utiliza la línea de código dispuesta en la parte de estadística descriptiva en el ANEXO O.

3.2.1. Test de normalidad de los datos a un metro de distancia con corrección

Tabla 4-3: Test de normalidad de las distancias con corrección

Distancia (m)	Datos no normales (p-valor)	Datos normalizados (p-valor)
1	0,0134	0,9088
2	0,0000332	0,7117
3	0,1385	0,1385
4	0,01515	0,2549
5	0,2081	0,2081
6	0,1469	0,1469
7	0,03484	0,5999
8	0,01417	0,1073
9	0,01214	0,3214
10	0,08282	0,0828
11	0,3224	0,3224
12	0,007244	0,5211

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

En la tabla 4-3, mediante la prueba de normalidad de Shapiro Wilk para muestras menores a 50 datos se determina que los metros 3, 5, 6, 10 y 11 su p valor es mayor que 0,05, por tanto, se concluye que acepta la hipótesis alternativa, es decir, los metros 3, 5, 6, 10 y 11 se ajustan a una distribución normal con un nivel de confianza del 95%. Además, los metros 1, 2, 4, 7, 8, 9 y 12 su p valor es menor que 0,05, por tanto, se concluye que rechaza la hipótesis nula, es decir, los metros 4, 7, 10, 11 y 12 no se ajustan a una distribución normal con un nivel de confianza del 95%.

Para hacer normalizar los datos se utiliza Bootstrap en los datos que se muestran en tabla 4-3 y su línea de código está dispuesta en el ANEXO O en transformaciones Bootstrap.

Para el histograma de la distancia de un metro con corrección se utiliza la siguiente línea del código dispuesta en el ANEXO O en histogramas.

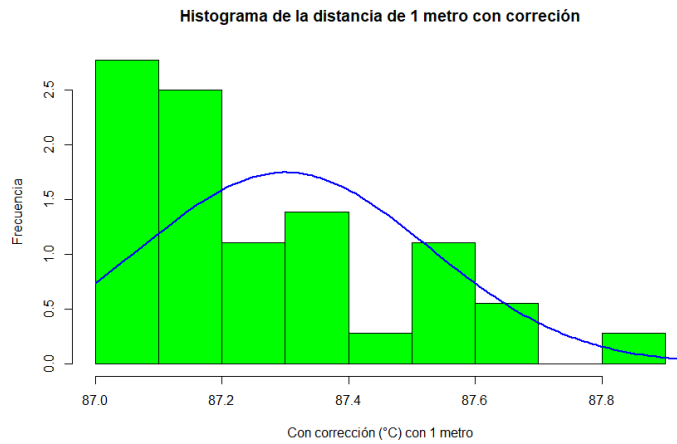


Gráfico 3-3: Histograma de la distancia de un metro con corrección

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

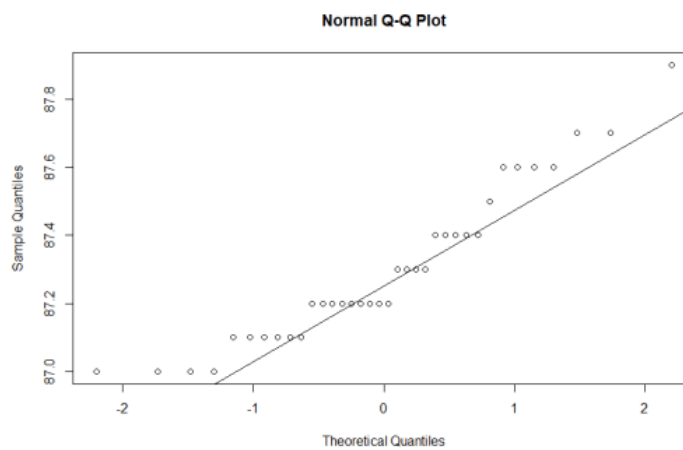


Gráfico 4-3: Diagrama q-q a un metro de distancia con corrección

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

Para desarrollar el gráfico 4-3 el diagrama de q-q a un metro de distancia con corrección se utiliza la siguiente línea de código:

```
qqnorm(metro1$ConCo)
qqline(metro1$ConCo)
```

Dado que el valor de p-valor es de 0.01342, es decir, menor que 0,05 por tanto se concluye que la hipótesis nula es rechazada, por lo tanto, la muestra de datos de la variable con corrección de la distancia a un metro de distancia no se ajusta a una distribución normal con el nivel de confianza del 95%.

3.2.2. Test de normalidad de los datos a dos metros de distancia con corrección

Para el histograma de la distancia de un metro con corrección se utiliza la siguiente línea del código dispuesta en el ANEXO O en histogramas.

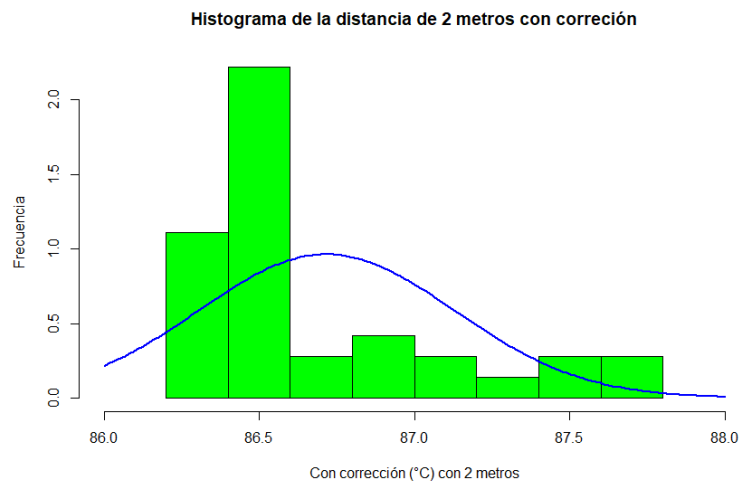


Gráfico 5-3: Histograma de la distancia de dos metros con corrección

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

Para desarrollar el diagrama de q-q a dos metros de distancia con corrección se utiliza la siguiente línea de código:

```
qqnorm(metro2$ConCo)
qqline(metro2$ConCo)
```

Dado que el valor de p-valor es de 0,0000332, es decir, menor que 0,05 por tanto se concluye que la hipótesis nula es rechazada, por lo tanto, la muestra de datos de la variable sin corrección de la distancia a un metro de distancia se no ajusta a una distribución normal con el nivel de confianza del 95%.

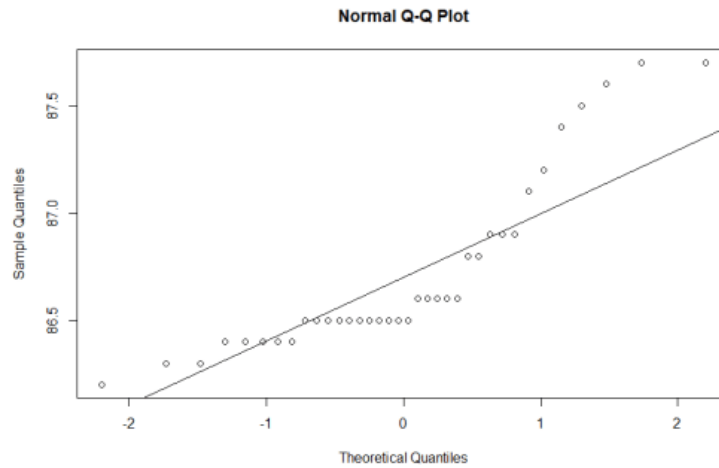


Gráfico 6-3: Diagrama q-q a dos metros de distancia con corrección

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

3.3. Contraste de igualdad de las muestras

Para el contraste de igualdad de las muestras de los datos de temperatura se realiza mediante el ensayo de cola izquierda (less), para la comparación de la muestra de control (1 metro) con respecto a las muestras a diferentes distancias, es decir, a partir de 2 metros hasta cumplir con los 12 metros de la distancia, tanto para datos sin corrección y con corrección de la distancia, para ello se utiliza una línea de código en RStudio mostrada en el **ANEXO O** en contraste de igualdad de variables, y se plantea las hipótesis nula e hipótesis alternativa:

- **Hipótesis nula**

$H_0: m_2 \geq m_1$; La temperatura medida con una cámara termográfica de 160x120 píxeles a dos metros de distancia es mayor que a un metro de distancia.

- **Hipótesis alternativa**

$H_1: m_2 < m_1$; La temperatura medida con una cámara termográfica de 160x120 píxeles a dos metros de distancia es menor que a un metro de distancia.

3.3.1. *Contraste de igualdad de muestras sin corrección cámara Satir HotFind VR*

Tabla 5-3: Contrastación de hipótesis de la cámara Satir HotFind VR

Distancia de referencia (m)	T-student
Muestra de control y 2	0,000000004142
Muestra de control y 3	0,00000000000000022
Muestra de control y 4	0,00000000000000022
Muestra de control y 5	0,00000000000000022
Muestra de control y 6	0,00000000000000022
Muestra de control y 7	0,00000000000000022
Muestra de control y 8	0,00000000000000022
Muestra de control y 9	0,00000000000000022
Muestra de control y 10	0,00000000000000022
Muestra de control y 11	0,00000000000000022
Muestra de control y 12	0,00000000000000022

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

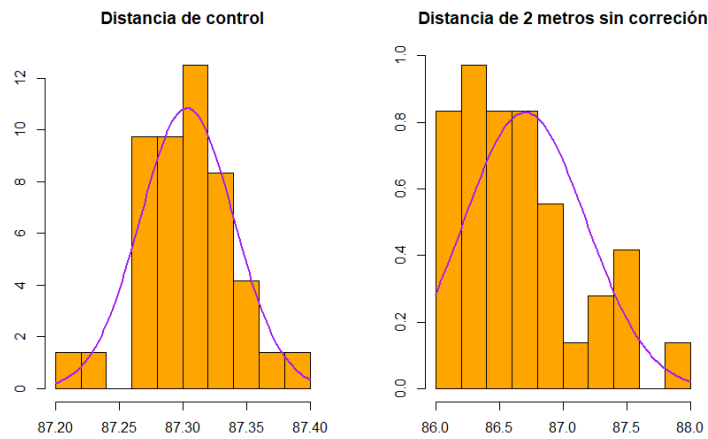


Gráfico 7-3: Histograma de contraste de igualdad a 2 metros

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

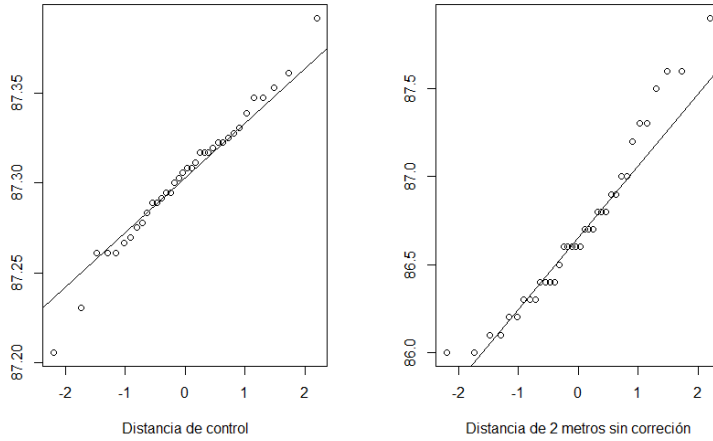


Gráfico 8-3: Diagrama q-q del contraste de igualdad a 2 metros

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

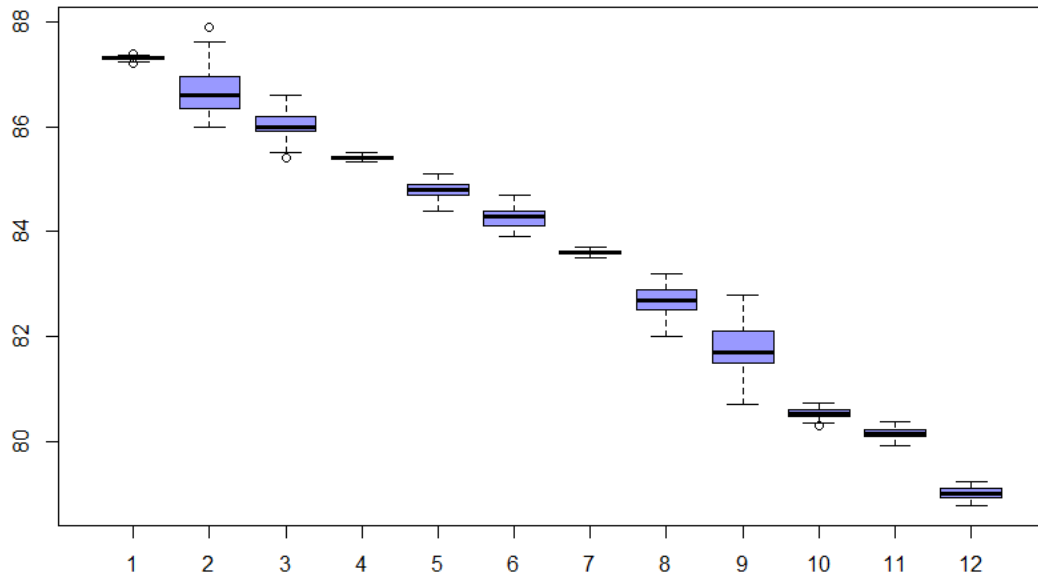


Gráfico 9-3: Comparación de muestras de temperatura sin corrección distancia Cámara Satir HotFind VR

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

Las muestras de temperatura tomadas en la cámara Satir HotFind VR muestran que las medianas por cada metro en el cual se aleja la cámara del punto de medición la temperatura disminuye como se muestra en el gráfico 9-3. Adicional en el **ANEXO L** se detalla los diagramas de bigotes que muestran la comparación de las muestras de temperatura sin corrección de la distancia en la cámara Satir HotFind S, en la cámara Satir D-600, en la cámara Satir D-600 con un lente de 12° y en la cámara Satir D-600 con un lente de 48°.

Dado que el p-valor es de 0,0000000000000022, es decir, menor que 0,05 al momento de contrastar la muestra de control con las muestras de dos metros hasta doce metros mediante la

distribución de T-student con la función t.test, por tanto, se acepta la hipótesis alternativa y se concluye que la temperatura medida con una cámara termográfica de 160x120 píxeles a dos metros de distancia es menor que a un metro de distancia hasta cumplir con los doce metros de distancia, en las muestras de datos de la variable sin corrección de la distancia.

3.3.2. Contraste de igualdad de muestras con corrección cámara Satir HotFind VR

Tabla 6-3: Contrastación de hipótesis de la cámara Satir HotFind VR

Distancia de referencia (m)	T-student
Muestra de control y 2	0,00000000000000022
Muestra de control y 3	0,00000000000000022
Muestra de control y 4	0,00000000000000022
Muestra de control y 5	0,00000000000000022
Muestra de control y 6	0,00000000000000022
Muestra de control y 7	0,00000000000000022
Muestra de control y 8	0,00000000000000022
Muestra de control y 9	0,00000000000000022
Muestra de control y 10	0,00000000000000022
Muestra de control y 11	0,00000000000000022
Muestra de control y 12	0,00000000000000022

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

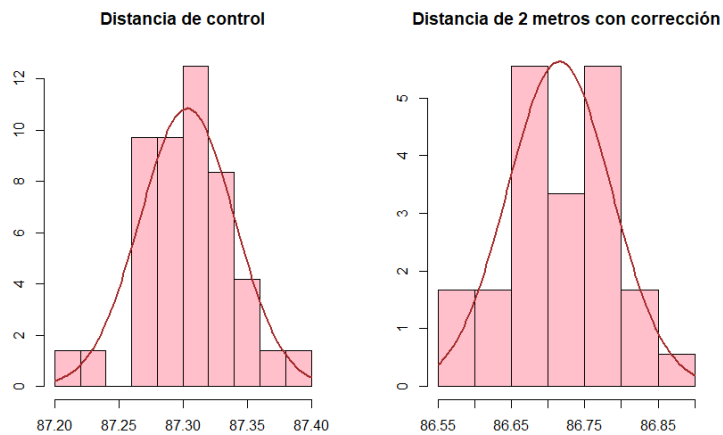


Gráfico 10-3: Histograma de contraste de igualdad a 2 metros

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

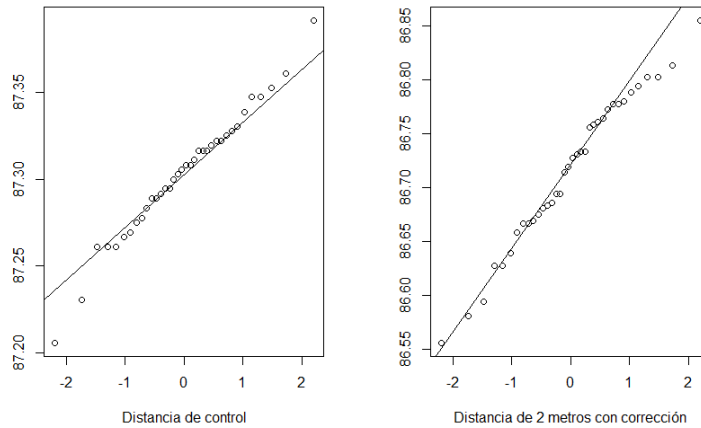


Gráfico 11-3: Diagrama q-q del contraste de igualdad a 2 metros

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

Las muestras de temperatura tomadas en la cámara Satir HotFind VR muestran que las medianas por cada metro en el cual se aleja la cámara del punto de medición la temperatura disminuye como se muestra en el gráfico 12-3 y en el ANEXO L se detalla los diagramas de bigotes que muestran la comparación de las muestras de temperatura con corrección de la distancia en la cámara Satir HotFind S, en la cámara Satir D-600, en la cámara Satir D-600 con un lente de 12° y en la cámara Satir D-600 con un lente de 48°.

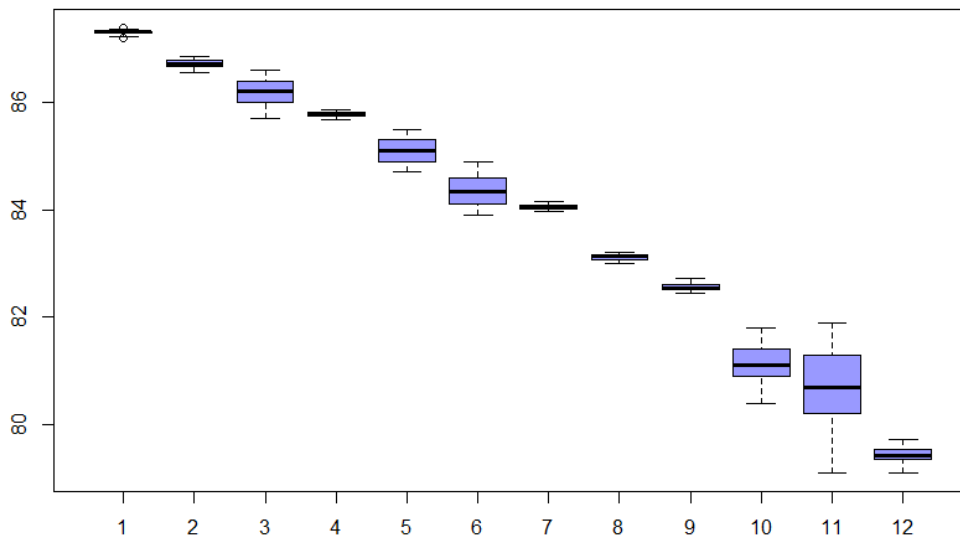


Gráfico 12-3: Comparación de muestras de temperatura con corrección distancia Cámara Satir HotFind VR

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

Dado que el p-valor es de 0,0000000000000022, es decir, menor que 0,05 al momento de contrastar la muestra de control con las muestras de dos metros hasta doce metros mediante la distribución de t-student con la función t.test, por tanto, se acepta la hipótesis alternativa y se

concluye que la temperatura medida con una cámara termográfica de 160x120 pixeles a dos metros de distancia es menor que a un metro de distancia hasta cumplir con los doce metros de distancia, en las muestras de datos de la variable con corrección de la distancia.

3.4. Análisis de correlación de variables

Para el análisis se realizará una comparación, asistida por el software RStudio con la función `cor.test` dispuesto en el ANEXO P en análisis de correlación, tanto para muestras sin corrección y con corrección de la distancia. Para esto se establecen hipótesis:

- **Hipótesis nula**

H_0 = No existe correlación entre las variables distancia (m) vs temperatura (°C).

- **Hipótesis alternativa**

H_1 = Si existe correlación entre las variables distancia (m) vs temperatura (°C).

3.4.1. Cámara Satir HotFind-VR (160x120)

En las siguientes ilustraciones se indica diagramas de dispersión que corresponde a las medianas obtenidas a través de los datos normalizados mediante el método estadístico Bootstrap, las cuales se detallan en el ANEXO M a una cámara Satir HotFind -VR (160x120) pixeles, sin corrección y con corrección de la distancia.

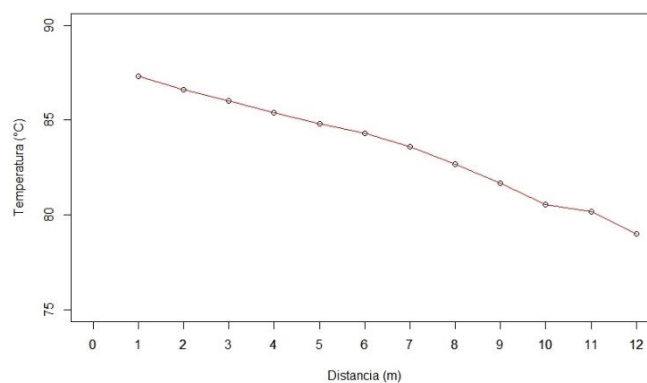


Gráfico 13-3: Distancia (m) vs temperatura (°C) sin corrección

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

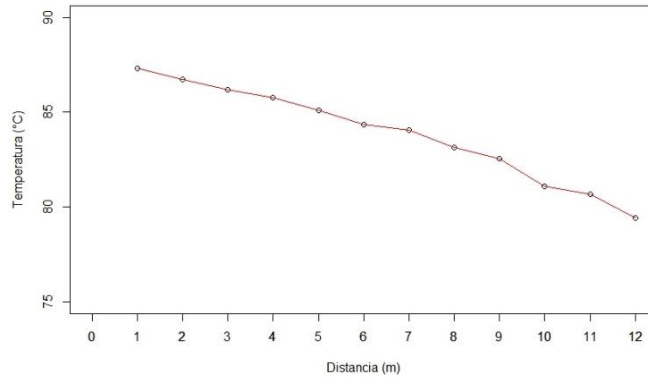


Gráfico 14-3: Distancia (m) vs temperatura (°C) con corrección

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

En el gráfico 13-3, se muestra que valor del coeficiente de determinación (R^2) es de -0,9938488 y se establece que existe correlación de manera lineal, en sentido inverso o decreciente, también dado el p-valor que es de $0,00000000006478 < 0,05$ se tiene suficiente evidencia para aceptar la hipótesis alternativa y concluir que existe correlación entre las dos variables distancia y temperatura.

En el gráfico 14-3 se muestra que valor del coeficiente de determinación (R^2) es de -0,9903521 y se establece que existe correlación de manera lineal, en sentido inverso o decreciente, también dado el p-valor que es de $0,00000000006478 < 0,05$ se tiene suficiente evidencia para aceptar la hipótesis alternativa y concluir que existe correlación entre las dos variables distancia y temperatura.

3.4.2. Cámara Satir HotFind-S (384x288) píxeles

En las siguientes ilustraciones se indica diagramas de dispersión que corresponde a las medianas obtenidas a través de los datos normalizados mediante el método estadístico Bootstrap, las cuales se detallan en el ANEXO M a una cámara Satir HotFind-S (384x288) píxeles, sin corrección y con corrección de la distancia.

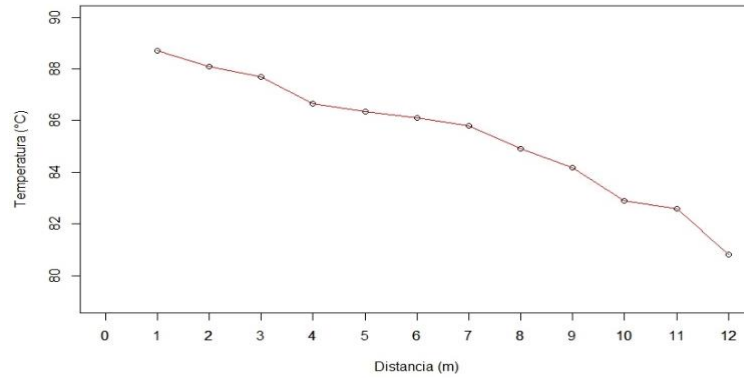


Gráfico 15-3: Distancia (m) vs temperatura (°C) sin corrección

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

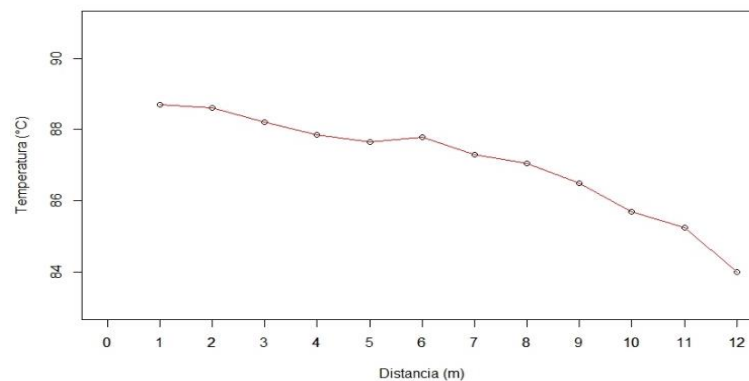


Gráfico 16-3: Distancia (m) vs temperatura (°C) con corrección

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

En el gráfico 15-3, se muestra que el valor del coeficiente de determinación (R^2) es de -0,9807224 y se establece que existe correlación de manera lineal, en sentido inverso o decreciente, también dado el p-valor que es de $0,000000203 < 0,05$ se tiene suficiente evidencia para aceptar la hipótesis alternativa y concluir que existe correlación entre las dos variables distancia y temperatura.

En el gráfico 16-3, se muestra que el valor del coeficiente de determinación (R^2) es de -0,951279 y se establece que existe correlación de manera lineal, en sentido inverso o decreciente, también dado el p-valor que es de $0,000001992 < 0,05$ se tiene suficiente evidencia para aceptar la hipótesis alternativa y concluir que existe correlación entre las dos variables distancia y temperatura.

3.4.3. Cámara Satir D-600 (640x480) pixeles

En las siguientes ilustraciones se indican diagramas de dispersión que corresponden a las medianas obtenidas a través de los datos normalizados mediante el método estadístico Bootstrap, las cuales

se detallan en el ANEXO M a una cámara Satir D-600 (640x480) pixeles, sin corrección y con corrección de la distancia.

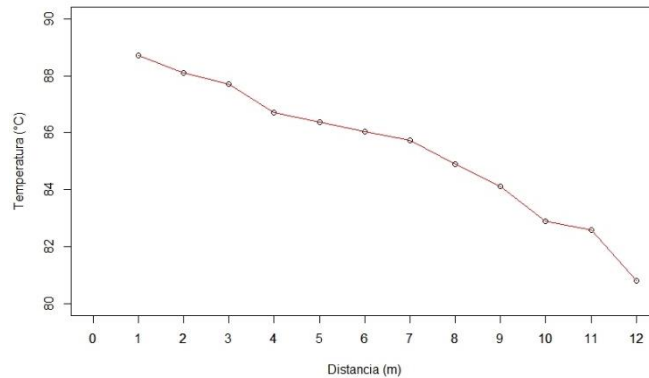


Gráfico 17-3: Distancia (m) vs temperatura (°C) sin corrección

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

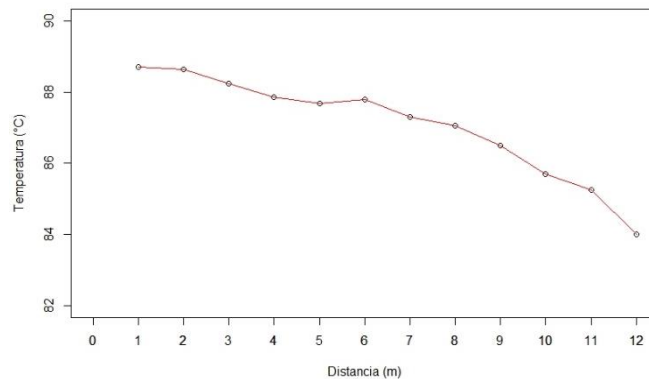


Gráfico 18-3: Distancia (m) vs temperatura (°C) con corrección

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

En el gráfico 17-3, se muestra que valor del coeficiente de determinación (R^2) es de -0,982234 y se establece que existe correlación de manera lineal, en sentido inverso o decreciente, también dado el p-valor que es de $0,00000001353 < 0,05$ se tiene suficiente evidencia para aceptar la hipótesis alternativa y concluir que existe correlación entre las dos variables distancia y temperatura.

En el gráfico 18-3, se muestra que valor del coeficiente de determinación (R^2) es de -0,9515549 y se establece que existe correlación de manera lineal, en sentido inverso o decreciente, también dado el p-valor que es de $0,000001937 < 0,05$ se tiene suficiente evidencia para aceptar la hipótesis alternativa y concluir que existe correlación entre las dos variables distancia y temperatura.

3.4.4. Cámara Satir D-600 (640x480) pixeles, lente de 12°

En las siguientes ilustraciones se indica diagramas de dispersión que corresponde a las medianas obtenidas a través de los datos normalizados mediante el método estadístico Bootstrap, las cuales se detallan en el ANEXO M a una cámara Satir D-600 (640x480) pixeles, lente de 12° sin corrección y con corrección de la distancia.

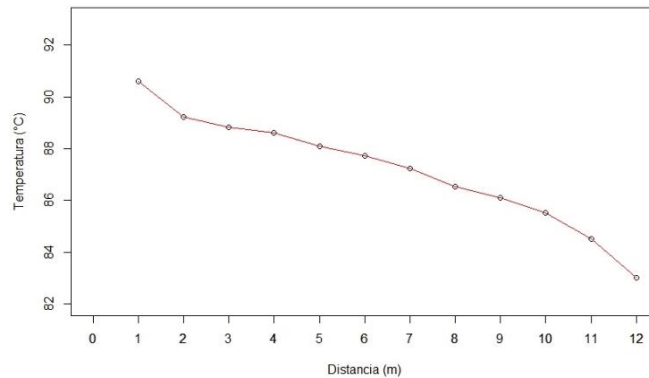


Gráfico 19-3: Distancia (m) vs temperatura (°C) sin corrección

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

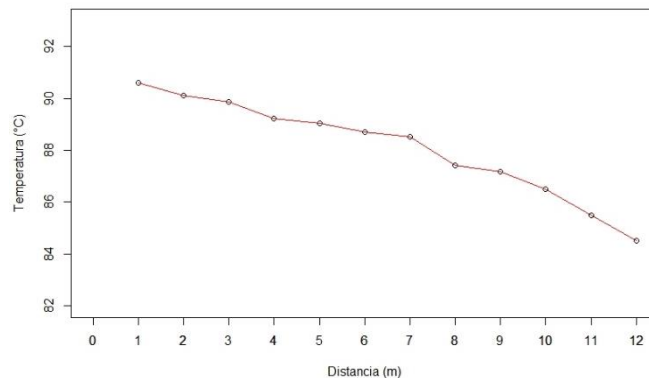


Gráfico 20-3: Distancia (m) vs temperatura (°C) con corrección

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

En el gráfico 19-3 se muestra que valor del coeficiente de determinación (R^2) es de -0,98025 y se establece que existe correlación de manera lineal, en sentido inverso o decreciente, también dado el p-valor que es de $0,00000002289 < 0,05$ se tiene suficiente evidencia para aceptar la hipótesis alternativa y concluir que existe correlación entre las dos variables distancia y temperatura.

En el gráfico 20-3, se muestra que valor del coeficiente de determinación (R^2) es de -0,9786693 y se establece que existe correlación de manera lineal, en sentido inverso o decreciente, también dado el p-valor que es de $0,00000003356 < 0,05$ se tiene suficiente evidencia para aceptar la

hipótesis alternativa y concluir que existe correlación entre las dos variables distancia y temperatura.

3.4.5. Cámara Satir D-600 (640x480) pixeles, con lente de 48°

En las siguientes ilustraciones se indica diagramas de dispersión que corresponde a las medianas obtenidas a través de los datos normalizados mediante el método estadístico Bootstrap, las cuales se detallan en el ANEXO M a una cámara Satir D-600 (640x480) pixeles, con lente de 48° sin corrección y con corrección de la distancia.

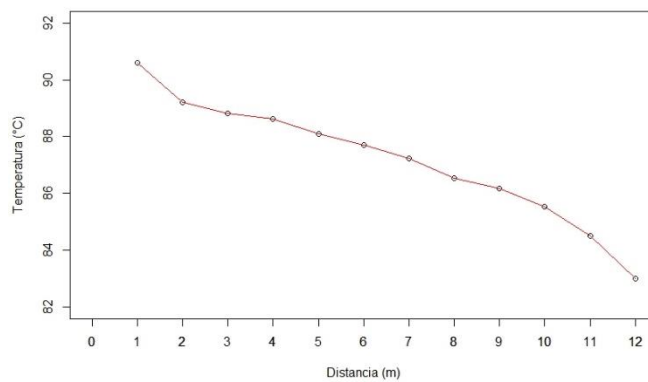


Gráfico 21-3: Distancia (m) vs temperatura (°C) sin corrección

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

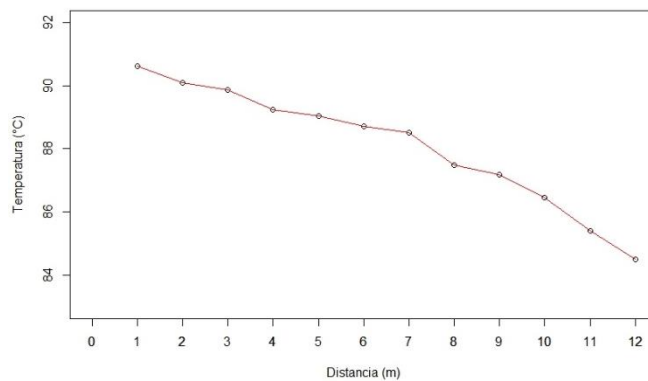


Gráfico 22-3: Distancia (m) vs temperatura (°C) con corrección

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

En el gráfico 21-3, se muestra que valor del coeficiente de determinación (R^2) es de -0,9792186 y se establece que existe correlación de manera lineal, en sentido inverso o decreciente, también dado el p-valor que es de $0,00000002948 < 0,05$ se tiene suficiente evidencia para aceptar la hipótesis alternativa y concluir que existe correlación entre las dos variables distancia y temperatura.

En el gráfico 22-3, se muestra que valor del coeficiente de determinación (R^2) es de -0.9779239 y se establece que existe correlación de manera lineal, en sentido inverso o decreciente, también dado el p-valor que es de $0,00000003979 < 0,05$ se tiene suficiente evidencia para aceptar la hipótesis alternativa y concluir que existe correlación entre las dos variables distancia y temperatura.

3.5. Regresión lineal

Para este método se utiliza líneas de código en el software RStudio dispuesta en el ANEXO P, donde se realiza una linealización de las medianas de la variable sin corrección y con corrección con la resolución de la cámara Satir HotFind-VR (160x120) píxeles y se obtiene las siguientes ecuaciones:

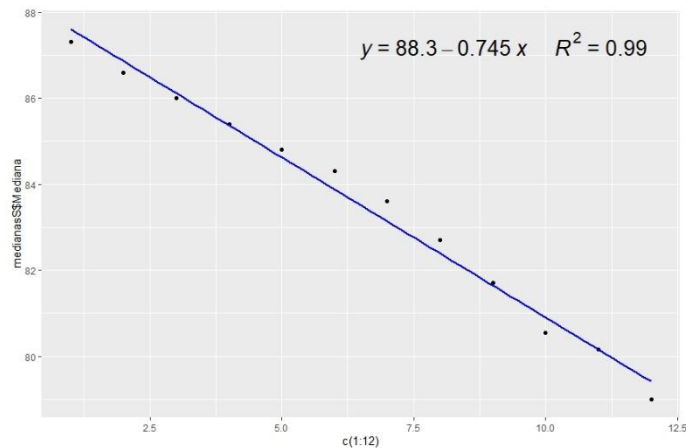


Gráfico 23-3: Linealización distancia (m) vs temperatura (°C) sin corrección

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

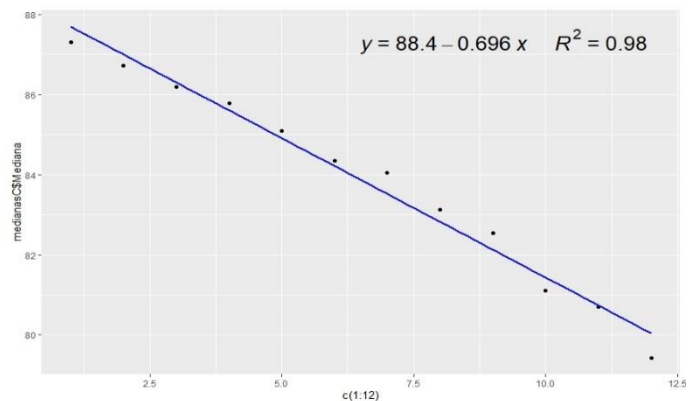


Gráfico 24-3: Linealización distancia (m) vs temperatura (°C) con corrección

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

Se realiza una linealización de las medianas de la variable sin corrección y con corrección con la resolución de la cámara Satir HotFind-S (384x288) pixeles y se obtiene las siguientes ecuaciones:

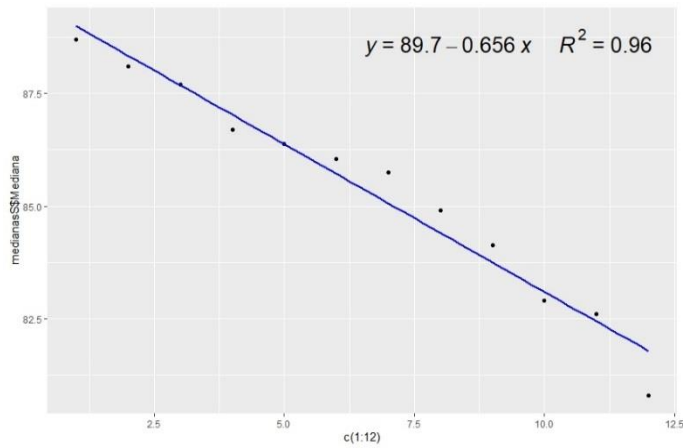


Gráfico 25-3: Linealización distancia (m) vs temperatura (°C) sin corrección

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

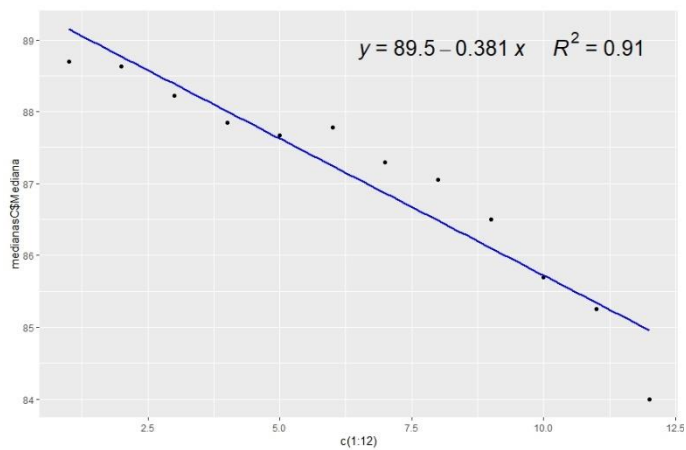


Gráfico 26-3: Linealización distancia (m) vs temperatura (°C) con corrección

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

Se realiza una linealización de las medianas de la variable sin corrección y con corrección con la resolución de la cámara Satir D-600 (640x480) pixeles y se obtiene las siguientes ecuaciones:

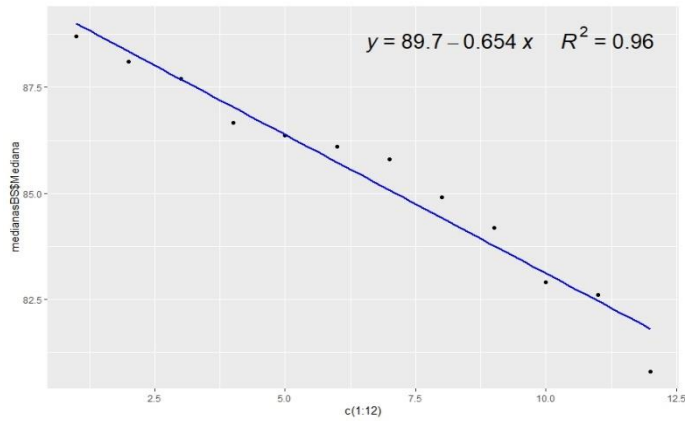


Gráfico 27-3: Linealización distancia (m) vs temperatura (°C) sin corrección

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

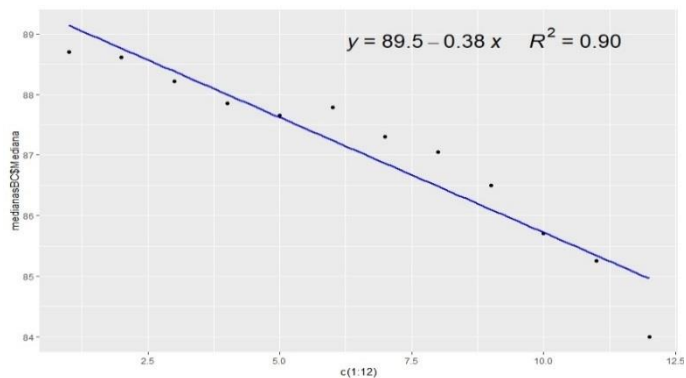


Gráfico 28-3: Linealización distancia (m) vs temperatura (°C) con corrección

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

Se realiza una linealización de las medianas de la variable sin corrección y con corrección con la resolución de la cámara Satir D-600 (640x480) Lente de 12° y se obtiene las siguientes ecuaciones:

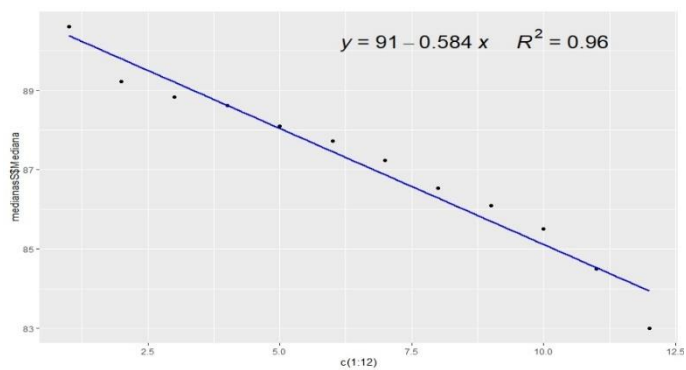


Gráfico 29-3: Linealización distancia (m) vs temperatura (°C) sin corrección

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

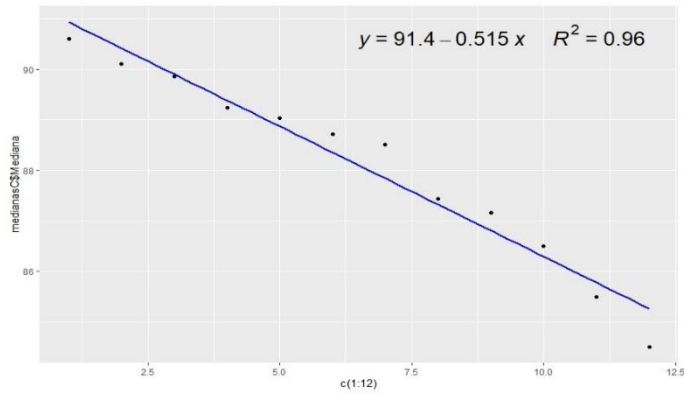


Gráfico 30-3: Linealización distancia (m) vs temperatura (°C) con corrección

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

Se realiza una linealización de las medianas de la variable sin corrección y con corrección con la resolución de la cámara SATIR D-600 (640x480) pixeles, lente de 48° y se obtiene las siguientes ecuaciones:

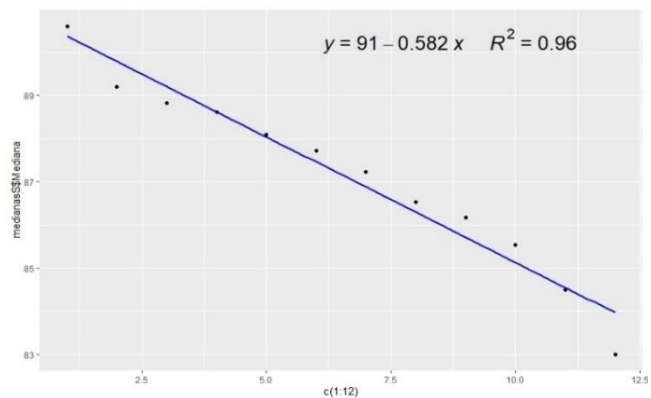


Gráfico 31-3: Linealización distancia (m) vs temperatura (°C) sin corrección

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

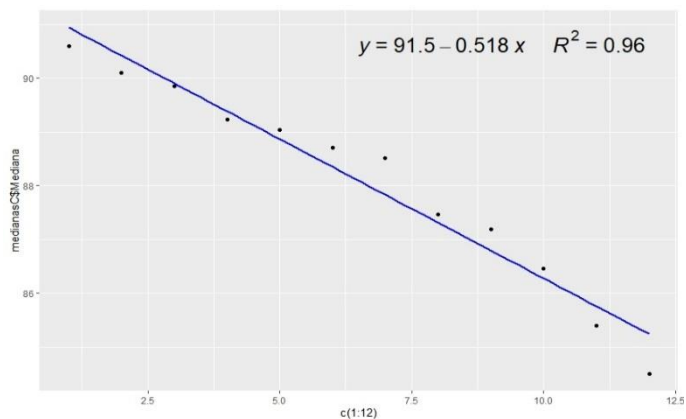


Gráfico 32-3: Linealización distancia (m) vs temperatura (°C) con corrección

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

3.6. Comparación en función del ángulo de inclinación

Tabla 7-3: Comparación entre cámaras termográficas

CÁMARAS TERMOGRÁFICAS	CORRECCIÓN DISTANCIA	ECUACIÓN ($y = b + mx$)	PENDIENTE (m)	R ²
Satir HotFnd-VR (160x120) pixeles	Sin	$y = 88,3 - 0,745x$	- 0,745	0,99
	Con	$y = 88,4 - 0,696x$	- 0,696	0,98
Satir HotFnd -S (384x288) pixeles	Sin	$y = 89,7 - 0,656x$	- 0,656	0,96
	Con	$y = 89,5 - 0,381x$	- 0,381	0,91
Satir D-600 (640x480) pixeles	Sin	$y = 89,7 - 0,654x$	- 0,654	0,96
	Con	$y = 89,5 - 0,38x$	- 0,38	0,90
Satir D-600 (640x480) pixeles con Lente de 12°	Sin	$y = 91,0 - 0,584x$	- 0,584	0,96
	Con	$y = 91,4 - 0,515x$	- 0,515	0,96
Satir D-600 (640x480) pixeles con Lente de 48°	Sin	$y = 91,5 - 0,582x$	- 0,582	0,96
	Con	$y = 91,5 - 0,518x$	- 0,518	0,96

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

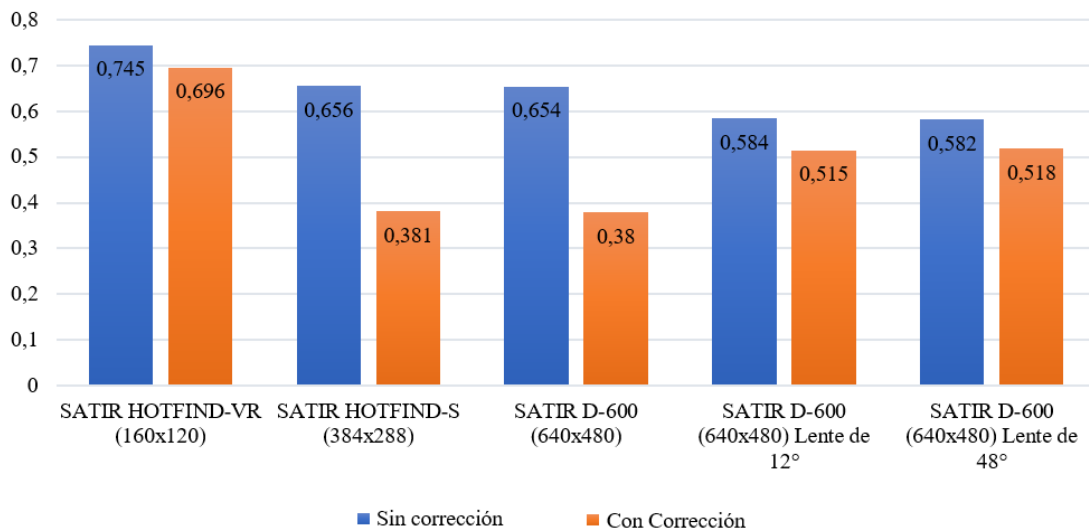


Gráfico 33-3: Comparación entre cámaras termográficas

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

Mediante los datos obtenidos y descritos en la tabla 7.3 y en el gráfico 33-3, por cada cámara termográfica se establece una pendiente con corrección de la distancia la cual disminuye en relación a la pendiente sin corrección de la distancia, es decir, si corrige la distancia mientras estas se alejan del punto de medición, dando como resultado datos de temperatura aproximados a la temperatura que se encuentra la probeta del banco de pruebas donde la clase de color azul es la pendiente sin corrección de la distancia y la clase de color naranja corresponde a la pendiente con corrección de la distancia.

3.7. Comparación entre cámaras sin corrección de la distancia

Tabla 8-3: Comparación entre cámaras sin corrección de la distancia

CÁMARAS TERMOGRÁFICAS	ECUACIÓN ($y = b + mx$)	PENDIENTE (m)	R ²
Satir HotFind-VR (160x120) pixeles	$y = 88,3 - 0,745x$	- 0,745	0,99
Satir HotFind-S (384x288) pixeles	$y = 89,7 - 0,656x$	- 0,656	0,96
Satir D-600 (384x288) pixeles	$y = 89,7 - 0,654x$	- 0,654	0,96
Satir D-600 (640x480) pixeles Lente de 12°	$y = 91,0 - 0,584x$	- 0,584	0,96
Satir D-600 (640x480) pixeles Lente de 48°	$y = 91,5 - 0,582x$	- 0,582	0,96

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

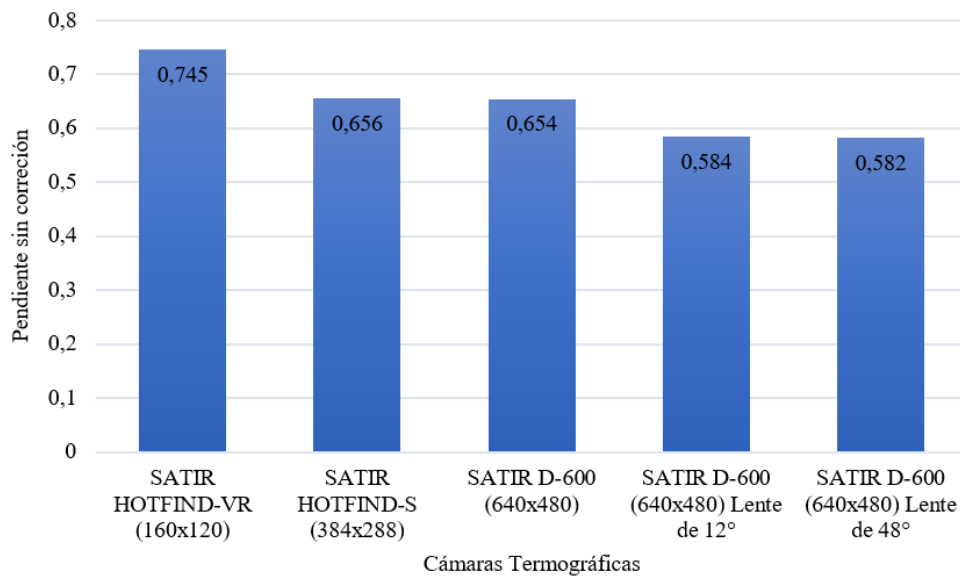


Gráfico 34-3: Linealización distancia (m) vs temperatura (°C) con corrección

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

Obtenidas las pendientes de las rectas sin corrección que corresponden a cada cámara termográfica descritas en la tabla 8-3 y en el gráfico 34-3, se denota que a medida que se aumenta la resolución, su pendiente disminuye por tal motivo el resultado es que la pendiente tienda a cero y de esta manera la temperatura medida se acerca a la temperatura del banco de pruebas, al colocar dos lentes, uno de 12° y uno de 48° a la cámara Satir D-600 (640x480) pixeles se incrementa el campo de visión de dicha cámara termográfica, dando como conclusión que la cámara Satir D-600 (640x480) pixeles con un lente de 48° obtenga una pendiente de - 0,582 sin corrección de la distancia la cual es pequeña con respecto a las cámaras de menor resolución, por esta razón se

concluye que a medida que la resolución aumenta en una cámara termográfica el valor de temperatura obtenido se va a aproximar al valor real.

3.8. Comparación entre cámaras con corrección de la distancia

Tabla 9-3: Comparación entre cámaras con corrección de la distancia

CÁMARAS TERMOGRÁFICAS	ECUACIÓN	PENDIENTE (m)	R ²
Satir HotFind-VR (160x120) pixeles	$y = 88,4 - 0,696x$	- 0,696	0,98
Satir HotFind-S (384x288) pixeles	$y = 89,5 - 0,381x$	- 0,381	0,91
Satir D-600 (384x288) pixeles	$y = 89,5 - 0,38x$	- 0,38	0,90
Satir D-600 (640x480) pixeles Lente de 12°	$y = 91,4 - 0,515x$	- 0,515	0,96
Satir D-600 (640x480) pixeles Lente de 48°	$y = 91,5 - 0,518x$	- 0,518	0,96

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

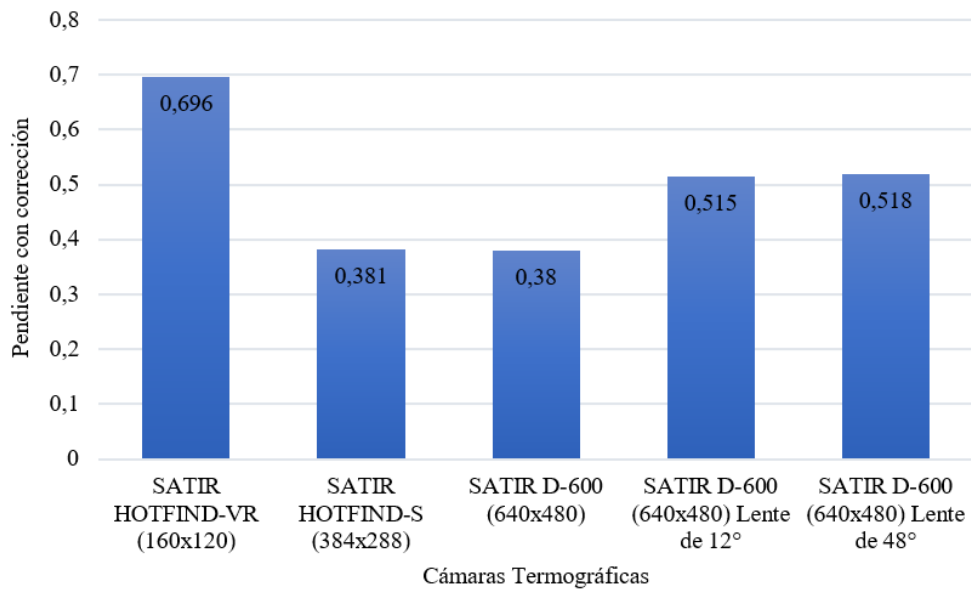


Gráfico 35-3: Linealización distancia (m) vs temperatura (°C) con corrección

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

Obtenidas las pendientes de las rectas con corrección que corresponden a cada cámara termográfica descritos en la tabla 9-3 y el gráfico 35-3, se denota que a medida que se aumenta la resolución, la pendiente disminuye por tal motivo el resultado es que la pendiente tienda a cero y de esta manera la temperatura medida se acerca a la temperatura del banco de pruebas, es decir, si corrige la distancia a medida que la cámara termográfica se aleja del punto de medición; pero al colocar dos lentes, uno de 12° y uno de 48° a la cámara Satir D-600 (640x480) pixeles se incrementa el campo de visión de dicha cámara termográfica y las pendientes aumentan, dando

como conclusión que no es necesario colocar lentes a las cámaras termográficas cuando ya se corrige la distancia de medición.

3.9. Ecuaciones de corrección de temperatura

En la regresión lineal se obtuvieron un total de 10 ecuaciones las cuales nos proveen el valor de la pendiente que se utiliza para hallar las ecuaciones de corrección de temperatura las cuales permitan que permitirán determinar la temperatura aproximada de equipos, maquinas a diferentes distancias del punto de medición, a los cuales se les realice termografía.

Previo a la obtención de las ecuaciones se debe realizar un análisis de los datos que usaremos, el análisis se detalla a continuación:

Partiendo de la ecuación de la pendiente la cual es representada de la siguiente manera:

$$m = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \quad (5)$$

Donde los datos los datos conocidos son:

m = Pendiente

X_2 = Distancia

Y_1 = Temperatura aproximada

Y_2 = Temperatura de la cámara $x > 1$ metro

X_1 = Distancia de control

Para el análisis es necesario despejar la ecuación (5) para obtener el valor de Y_1 el cual nos mostrara la temperatura aproximada, los valores de la pendiente y X_1 son valores conocidos los cuales reemplazaremos al final para obtener nuestra ecuación final.

$$m = \frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1}$$

Aplicamos la propiedad de despeje de fórmulas donde el denominador $X_2 - X_1$ pasa a multiplicar a l pendiente:

$$m(X_2 - X_1) = Y_2 - Y_1$$

Aplicamos la propiedad distributiva y obtenemos lo siguiente:

$$mX_2 - mX_1 = Y_2 - Y_1$$

Y_2 pasa al primer término con signo cambiado:

$$mX_2 - mX_1 - Y_2 = - Y_1$$

Multiplicamos por el valor de -1 para convertir en positivo el valor Y_1 a encontrar:

$$- mX_2 + mX_1 + Y_2 = Y_1$$

Poniendo en orden la ecuación obtenemos lo siguiente:

$$Y_1 = Y_2 - mX_2 + mX_1 \quad (6)$$

Ahora reemplazamos la ecuación (6) a términos en función de nuestra investigación y colocamos los datos conocidos y de esa manera obtenemos nuestra ecuación (7) con los parámetros que requiere nuestra investigación:

$$T_A = T_T - m(d) + m(d_c) \quad (7)$$

T_A = Temperatura aproximada [°C]

T_T = Temperatura del termograma de la cámara termográfica [°C]

d = Distancia de la cámara termográfica al objeto de medición [m]

d_c = Distancia control de valor un metro [m]

Continuación reemplazamos los datos conocidos en la ecuación (7), es decir, reemplazamos los valores de las pendientes obtenidas en las cámaras termográficas cuyos valores se encuentran en la Tabla 7-3.

$$T_A = T_T - m(d) + m(d_c)$$

Y se obtiene la ecuación (8) que es la ecuación de corrección, donde obtenemos la temperatura aproximada, a continuación, se procede a realizar el mismo proceso para todas las pendientes con corrección y sin corrección de la distancia, estas ecuaciones se detallan en la tabla 10-3

$$T_A = T_T - (-0,745)(d) + (-0,745)(1)$$

Una vez realizado se obtiene la siguiente ecuación final

$$T_A = T_T + 0,745d - 0,745 \quad (8)$$

Tabla 10-3: Ecuaciones para la corrección de temperatura

CAMARAS TERMOGRAFICAS	CORRECCION DISTANCIA	PENDIENTE	ECUACION
Satir HotFind-VR (160X120) pixeles	Sin corrección	-0,745	$T_A = T_T + 0,745d - 0,745$
	Con corrección	-0,696	$T_A = T_T + 0,696d - 0,696$
Satir HotFind-S (384X288) pixeles	Sin corrección	-0,656	$T_A = T_T + 0,656d - 0,656$
	Con corrección	-0,381	$T_A = T_T + 0,381d - 0,381$
Satir D-600 (640X480) pixeles	Sin corrección	-0,654	$T_A = T_T + 0,654d - 0,654$
	Con corrección	-0,38	$T_A = T_T + 0,38d - 0,38$
Satir D-600 (640X480) pixeles con lente de 12°	Sin corrección	-0,584	$T_A = T_T + 0,584d - 0,584$
	Con corrección	-0,515	$T_A = T_T + 0,515d - 0,515$
Satir D-600(640X480) pixeles con lente de 48°	Sin corrección	-0,582	$T_A = T_T + 0,582d - 0,582$
	Con corrección	-0,518	$T_A = T_T + 0,518d - 0,518$

Realizado por: Torres J, Viera R, 2022.

3.9.1. Comprobación de la ecuación

Con la ecuación (8) obtenida en el análisis anterior, procedemos a realizar la comprobación de la ecuación usando los valores que hemos obtenido en nuestra investigación tomando en cuenta que la temperatura aproximada es la variable que buscamos.

$$T_A = T_T + 0,745d - 0,745$$

Procedemos a reemplazar la variable cuya condición es $d > 1$ metro y la temperatura que obtuvo en el termograma.

En esta comprobación usaremos los valores que se encuentran en el ANEXO J, los cuales son sin corrección de la distancia a dos metros de distancia en la cámara Satir HotFind-VR (160x120).

Datos:

a) $T_T = 86,2 \text{ }^\circ\text{C}$

b) $d = 2$

$$T_A = T_T + 0,745d - 0,745dc$$

$$T_A = 86,2 + 0,745(2) - 0,745(1)$$

$$T_A = 86,945$$

En la ecuación (8) obtenemos el valor de la temperatura aproximada el cual es $86,945 \text{ }^\circ\text{C}$ por tanto concluimos que nuestra ecuación generada ayudara a corregir las muestras de temperatura que se obtienen de los termogramas.

En nuestra segunda comparación usaremos los valores que se encuentran en el **ANEXO J**, los cuales son con corrección de la distancia a dos metros de distancia en la cámara Satir HotFind-VR (160x120) pixeles.

Datos:

a) $T_T = 86,6 \text{ }^\circ\text{C}$

b) $d = 2 \text{ m}$

$$T_A = T_T + 0,745d - 0,745dc$$

$$T_A = 86,6 + 0,745(2) - 0,745(1)$$

$$T_A = 87,345$$

En la ecuación (8) obtenemos el valor de la temperatura aproximada el cual es $87,345 \text{ }^\circ\text{C}$ por tanto concluimos que nuestra ecuación generada ayudara a corregir las muestras de temperatura que se obtienen de los termogramas.

CONCLUSIONES

Se instaló un controlador PID para controlar la temperatura, el cual ayuda a establecer una temperatura determinada para la recolección de los datos de termografía, además se instaló una termocupla tipo k la cual nos permite obtener el valor real de temperatura de nuestras probetas de aluminio y cobre respectivamente al igual se instaló una resistencia que trabaja a un voltaje de 220v y 250 w en condiciones de trabajo que nos permite calentar las probetas a distintas temperaturas y de esa manera obtener los datos mediante las imágenes térmicas.

Durante el análisis del tamaño de probeta se establecieron valores de temperatura proporcionados por la cámara termográfica Satir HotFind VR, donde el coeficiente de variación de 1,21% de la muestra de control está dentro del rango establecido menor al 30%, es decir, el tamaño de la probeta de aluminio de 50mmx50mm es aceptada, de tal manera que la temperatura se distribuye homogéneamente en toda la cara de la probeta de aluminio de 50mmx50mm.

En el análisis del material adecuado para la probeta de ensayo se establecieron valores de temperatura proporcionados por la cámara termográfica Satir HotFind VR donde se analiza la muestra estadísticamente mediante el coeficiente de variación el cual es de 0,18%, es decir, que el material óptimo es el cobre para desarrollar la toma de datos.

El análisis de las pendientes nos muestran que la corrección de la distancia en las cámaras termográficas mientras estas se alejan del punto de medición, dan como resultado datos de temperatura aproximados al que se encuentra la probeta del banco de pruebas.

Se creó una base de datos con las temperaturas obtenidas de las cámaras termográficas, se aplicó la prueba de normalidad Shapiro Wilk para verificar si los datos obtenidos son normales y en el caso de no serlo se aplicó el método estadístico Bootstrap para normalizar los datos, además de ello se realizó el análisis de correlación donde el pvalor es menor al 0,05 dando como resultado que existe correlación entre las variables distancia y temperatura.

A medida que se aumenta la resolución, la pendiente disminuye por tal motivo da como resultado que la pendiente tienda a cero y por este motivo la temperatura medida se acerca a la temperatura que se encuentra la probeta del banco de pruebas, es decir, si corrige la distancia a medida que la cámara termográfica se aleja del punto de medición; pero al colocar dos lentes, uno de 12° y uno de 48° a la cámara Satir D-600 (640x480) pixeles se incrementa el campo de visión de dicha cámara termográfica y las pendientes aumentan, dando como conclusión que no es necesario colocar lentes a las cámaras termográficas cuando ya se corrige la distancia de medición.

En conclusión, con la obtención de las ecuaciones de corrección de temperatura demostramos que existe una diferencia entre la temperatura que nos da la cámara termográfica a través de los termogramas y la temperatura aproximada, esto ayudara a los profesionales del Mantenimiento a realizar correcciones significativas en sus mediciones.

RECOMENDACIONES

Efectuar una investigación usando probetas de otro tipo de metales y aleaciones para probar su conductividad térmica.

Ejecutar la toma de datos a distancias y alturas mayores teniendo en cuenta un gran número de equipos se encuentran lejos del suelo y se encuentran situados sobre nuestra altura y de igual manera deben ser monitoreados, y hacerlo a distancias mayores.

Tomar datos en distintos intervalos de tiempo para que los termogramas puedan ser estudiados en diferentes horas del día y a diferentes condiciones climáticas de preferencia en la tarde y en la noche.

Realizar las tomas de mediciones con diferentes ángulos para así conocer más sobre el IFOV (campo de visión) que tienen las cámaras termográficas, tomando en cuenta que para nuestra investigación se tomó datos de una manera perpendicular al banco de pruebas (90°) sería interesante conocer que valor tendrían los datos que son tomados a 30° , 45° , 60° , 120° , 135° y 150° .

Usar resistencias que puedan soportar una mayor temperatura a la usada en la investigación y con ello tener una mejor apreciación de la variación de temperatura al tomar imágenes térmicas.

Desempeñar las mediciones en un lugar donde el viento no interfiera con las condiciones ambientales, de preferencia un lugar cerrado que no permita el paso de la luz y el calor del medio día, estos factores afectan e inciden en el aumento de la temperatura lo cual genera que los datos obtenidos varíen de una manera muy agresiva.

BIBLIOGRAFÍA

BALAGEAS, DANIEL. *"Termografía Infrarroja : una técnica multifacética para la Evaluación No Destructiva (END)". IV conferencia Panamericana de END (2007), (Argentina) p.7*

CALDERÓN, JOSÉ.; & CHACÓN, SONIA. *Infrared Thermographic dynamic analysis and Non-Destructive Testing (NDT) for camshaft diagnostics.* [en línea]. [Consulta: 10 de Noviembre de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/25393>.

CENGEL, YUNUS; & BOLES, MICHAEL. *Termodinámica Iv* [en línea]. Séptima. México, 2012. [Consulta: 14 de Noviembre de 2021]. Disponible en: <http://joinville.ifsc.edu.br/~evandro.dario/Termodinâmica/Material Didático/Livro - Cengel/Termodinamica - Cengel 7th - espanhol.pdf>.

FLORES, ROLANDO; et al. "Calibración geométrica de cámara termográfica y medición planar de objetos". *Mecamex* [en línea], 2020, vol. 9, no. 2, pp. 43-54. [Consulta: 10 de Noviembre de 2021]. Disponible en: www.mecamex.net/revistas/LMEM.

FLUKE. *Ti401 PRO Handheld Thermal Imaging Camera* [blog]. 2021. [Consulta: 5 noviembre 2021]. Disponible en: <https://www.fluke.com/en-us/product/thermal-cameras/ti401-pro>.

GARCÍA COLÍN, LEOPOLDO. *Memoria del colegio nacional "Leyes de la termodinamica".* [en línea], pp. 101-109. 2016. [Consulta: 18 noviembre 2021]. Disponible en: http://metabase.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/2781/497_03.pdf.

HERNÁNDEZ, EDUARDO. *Mantenimiento Predictivo-Termografía.* [blog]. 2021. [Consulta: 22 noviembre 2021]. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/478059494/01-Mantenimiento-predictivo-Termografia>.

HERNÁNDEZ, EDUARDO; et al. "Estudio de las pérdidas de energía en conductores eléctricos mediante termografía infrarroja". *ResearchGate*, vol. 1, (2017), pp. 106-112.

HERNÁNDEZ, EDUARDO; et al. *Revista de investigación y talentos "Influencia De La Velocidad Del Viento En Las Medidas De Temperatura Mediante Termografía Infrarroja".* [en línea]. 2020. volumen (VII). [Consulta: 25 noviembre 2021]. ISSN 2631-2476. Disponible en: <https://doi.org/10.33789/Talentos.7.1.119>.

HERNÁNDEZ, EDUARDO. "Cámaras termográficas (IR térmico)". (Trabajo de titulación) (Ingeniería). [en línea] Escuela Superior de Ingeniería y Tecnología.2020. pp. 26-31. [Consulta: 11 noviembre 2021]. Disponible en: <http://riull.ull.es/xmlui/handle/915/21422>.

MUÑOZ, CRISTIAN; & ALDANA, DIDIER. Aplicación de la termografía infrarroja como método de inspección no destructivo de un túnel de viento de baja velocidad. (Trabajo de titulación) (Ingeniería). [en línea] Fundación Universitaria los Libertadores, Ingeniería, Programa de Ingeniería Aeronáutica. Bogotá. 2017. pp. 6-18. [Consulta: 2021-09-20]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11371/1294>.

NFPA *Práctica recomendada para el mantenimiento de equipos eléctricos.* 2018.

OLARTE, WILLIAN; et al. *Scientia et Technica* "Aplicación de la Termografía en el Mantenimiento Predictivo". [en línea], 2011, (Colombia) no. 48, pp. 253-256. [Consulta: 20 noviembre 2021]. ISSN 0122-1701. Disponible en: <https://doi.org/10.22517/23447214.1303>.

PICAZO, MARÍA JOSÉ Diagnóstico de máquinas eléctricas mediante técnicas de termografía infrarroja. (Trabajo de titulación) (Doctoral). [en línea] Universidad Politécnica de Valencia, Valencia. 2016. pp. 186. [Consulta: 2021-11-17]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/62317>.

PRADA PÉREZ, FERNANDO. *Revista Eureka sobre enseñanza y divulgación de las ciencias,* "La termografía infrarroja: un sorprendente recurso para la enseñanza de la física y la química". vol. 1, no. 3 (2016), pp. 617-627.

ROLDAN, SEBASTIAN; et al. "Thermographic Indicators for the State Assessment of Rolling Bearings". *ScienceDirect* [en línea], 2021, (Colombia) no. 54(1), pp. 1-6. [Consulta: 17 noviembre 2021]. ISSN 1218-1223. Disponible en: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S2405896321009794?token=B4BB48624A7A13B485CD3E1B99B50F652094B470ADB702BAFC98AC61856819390370B39388F85A9BD3B090C82F286E48&originRegion=us-east-1&originCreation=20220607031210>.

SALMERÓN GÓMEZ, R. & EDUARDO MARTÍNEZ, *ScienceDirect* "Métodos cuantitativos para un modelo de regresión lineal con multicolinealidad . Aplicación a rendimientos de letras del tesoro". [en línea], 2021, (España) no. 24, pp. 1-24. [Consulta: 17 noviembre 2021]. ISSN 1886-516X. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10433/5355>.

SILVA, ALEJANDRO; et al. *Artículo Revista de Tecnología e Innovación*, "Procedimiento para inspección de tableros eléctricos con termografía infrarroja". vol. 4, no. 11 (2021), (España) pp. 24-35.

TRUJILLO DE CELIS, RUBEN. Diseño y caracterización de una ventana infrarroja en el rango de longitud de onda larga que permita la inspección de componentes potencialmente peligrosos (Trabajo de titulación) (Ingeniería). [en línea] Escuela Técnica Superior de Ingenieros, España. 2018. pp. 17-19. [Consulta: 2021-11-16]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/126741>.













ULLAH, IFRAN; et al. "*Predictive Maintenance of Power Substation Equipment by Infrared Thermography Usinga Machine-Learning Approach*". *energies*, 10(12) (2017), pp.1-13

UNE EN 13306:2018. *Terminología del mantenimiento* Terminología del mantenimiento












VARGAS, LISETH & MESA, ELOÍNA. *Introducción al análisis de datos con RStudio*. Bogotá-Colombia: Cinepalma, 2021. ISBN 9789588360836, pp.11-12.

ANEXOS













ANEXO A: FOTOGRAFÍAS POR CADA METRO CÁMARA SATIR HOTFIND VR

Fotografías por cada metro hasta cumplir con los doce metros de distancia con la cámara Satir HotFind VR			
1 metros	2 metros	3 metros	4 metros
			
5 metros	6 metros	7 metros	8 metros
			
9 metros	10 metros	11 metros	12 metros
			

ANEXO B: FOTOGRAFÍAS POR CADA METRO CÁMARA SATIR HOTFIND S

Fotografías por cada metro hasta cumplir con los doce metros de distancia con la cámara Satir HotFind S			
1 metros	2 metros	3 metros	4 metros
			
5 metros	6 metros	7 metros	8 metros
			
9 metros	10 metros	11 metros	12 metros
			

ANEXO C: FOTOGRAFÍAS POR CADA METRO DE CÁMARA SATIR D 600

Fotografías por cada metro hasta cumplir con los doce metros de distancia con la cámara Satir D 600			
1 metros	2 metros	3 metros	4 metros
			
5 metros	6 metros	7 metros	8 metros
			
9 metros	10 metros	11 metros	12 metros
			

ANEXO D: DATOS DE TEMPERATURA PROBETA DE ALUMINIO (30x30) mm

N°	Temperatura Real	Distancia de 1m	Distancia de 6m		Distancia de 12m	
			Sin corrección	Con corrección	Sin corrección	Con corrección
1	70	46,7	48,2	46,7	30,0	30,3
2	70	46,7	46,0	46,7	29,8	30,5
3	70	48,0	47,5	48,0	30,0	30,5
4	70	47,9	47,3	47,9	30,0	31,0
5	70	47,7	45,4	47,7	29,0	30,0
6	70	48,7	46,5	48,7	30,0	29,7
7	70	48,7	47,2	48,7	30,1	30,2
8	70	47,9	47,5	47,9	30,0	30,2
9	70	47,6	47,5	47,6	30,0	30,0
10	70	48,7	48,4	48,7	30,1	30,0
11	70	47,3	48,5	47,3	30,1	30,1
12	70	42,2	47,7	47,2	29,9	30,5
13	70	47,2	46,8	47,2	30,0	30,4
14	70	46,1	48,0	46,1	29,0	30,2
15	70	47,1	47,4	47,1	30,1	29,9
16	70	47,6	48,1	47,6	30,0	30,3
17	70	46,5	48,1	46,5	30,0	30,1
18	70	46,9	48,2	46,9	30,2	30,4
19	70	47,4	48,3	47,4	29,7	30,1
20	70	47,6	45,2	47,6	29,8	30,2
21	70	46,2	48,6	46,2	30,3	30,2
22	70	47,2	47,3	47,2	30,2	29,9
23	70	47,4	48,9	47,4	30,3	30,0
24	70	47,2	46,8	47,2	30,3	30,1
25	70	47,2	47,9	47,2	29,8	30,6
Promedio	70	47,188	47,492	47,388	29,948	30,216
Desviación estándar		1,24977331	0,95477746	0,69541355	0,32547401	0,2733739
Coefficiente de variación		2,65%	2,01%	1,47%	1,09%	0,90%
Error		-32,59%	-32,15%	-32,30%	-57,22%	-56,83%

ANEXO E: DATOS DE TEMPERATURA PROBETA DE ALUMINIO DE (40x40) mm

N°	Temperatura Real	Distancia de 1m	Distancia de 6m		Distancia de 12m	
			Sin corrección	Con corrección	Sin corrección	Con corrección
1	70	67,3	55,2	55,7	34,9	34,9
2	70	68,2	55,5	55,3	35,0	35,2
3	70	66,1	56,1	54,3	34,7	35,0
4	70	66,7	55,9	56,6	39,8	35,2
5	70	66,8	56,1	56,0	35,1	34,5
6	70	67,3	55,6	55,8	34,7	34,6
7	70	67,7	56,4	55,0	34,9	34,7
8	70	67,9	56,5	56,8	35,0	34,3
9	70	68,2	56,2	55,6	35,3	35,0
10	70	65,8	55,8	56,2	35,1	34,9
11	70	66,3	55,4	56,2	35,3	34,4
12	70	66,5	55,6	55,2	35,2	34,5
13	70	66,7	55,8	55,2	34,4	34,5
14	70	66,8	55,7	56,4	34,6	34,5
15	70	67,1	55,0	56,3	34,5	34,9
16	70	67,2	54,5	57,0	34,6	34,7
17	70	67,4	53,2	56,6	34,8	34,9
18	70	65,6	53,6	55,2	35,0	34,9
19	70	65,7	55,3	54,7	34,8	35,0
20	70	65,7	56,0	56,1	35,2	34,7
21	70	66,1	55,2	55,2	34,9	34,6
22	70	66,1	56,6	55,5	34,5	34,3
23	70	66,2	55,6	56,4	34,8	34,2
24	70	66,5	54,4	56,5	34,9	34,2
25	70	65,5	55,8	55,6	34,7	34,5
Promedio	70	66,696	55,48	55,816	35,068	34,684
Desviación estándar		0,80647381	0,83066239	0,69502998	1,01682512	0,2953529
Coefficiente de variación		1,21%	1,50%	1,25%	2,90%	0,85%
Error		-4,72%	-20,74%	-20,26%	-49,90%	-50,45%

ANEXO F: DATOS DE TEMPERATURA PROBETA DE ALUMINIO DE (50x50) mm

N°	Temperatura Real	Distancia de 1m	Distancia de 6m		Distancia de 12m	
			Sin corrección	Con corrección	Sin corrección	Con corrección
1	70	70,5	66,7	65,8	61,0	61,7
2	70	69,1	66,2	65,8	60,4	60,0
3	70	70,8	66,1	65,7	61,5	61,3
4	70	71,2	66,1	65,9	57,5	61,5
5	70	71,4	66,3	66,2	61,6	61,3
6	70	71,6	66,5	66,0	62,0	60,2
7	70	69,2	66,6	66,1	61,2	61,6
8	70	69,6	66,7	65,4	57,7	60,9
9	70	70,1	66,6	65,4	59,5	59,5
10	70	70,7	66,9	65,6	61,3	59,0
11	70	71,1	65,8	65,5	61,2	61,3
12	70	71,6	65,9	65,7	61,6	60,8
13	70	69,2	66,2	65,7	61,3	59,6
14	70	69,6	66,2	65,6	61,2	60,7
15	70	70,0	66,4	65,7	59,7	61,7
16	70	70,3	66,6	65,8	59,7	61,2
17	70	70,6	66,6	65,8	58,2	61,0
18	70	71,0	66,7	65,9	60,8	60,6
19	70	71,3	66,7	65,9	61,0	61,7
20	70	69,1	66,7	65,1	61,2	59,0
21	70	69,4	65,7	65,4	59,2	62,1
22	70	69,7	66,0	65,3	59,6	61,6
23	70	69,9	66,0	65,4	61,1	61,7
24	70	69,2	65,7	65,3	60,2	62,0
25	70	70,5	66,1	65,5	61,4	62,1
Promedio	70	70,268	66,32	65,66	60,444	60,964
Desviación estándar		0,8424765	0,35472994	0,27080128	1,25169219	0,9304479
Coefficiente de variación		1,20%	0,53%	0,41%	2,07%	1,53%
Error		0,38%	-5,26%	-6,20%	-13,65%	-12,91%

ANEXO G: TEMPERATURAS LÍNEA 1 PROBETA DE ALUMINIO (50x50) mm

N°	Temperatura de línea 1
1	48,2
2	48,2
3	57,5
4	57,5
5	65,5
6	70,2
7	70,2
8	70,2
9	70,2
10	70,1
11	70,1
12	70,2
13	70,2
14	70,2
15	70,2
16	70,1
17	70,1
18	70,1
19	70,1
20	70,1
21	70,1
22	70,1
23	70,1
24	70,1
25	70,0
26	70,0
27	69,7
28	69,8
29	69,4
30	69,4
31	66,9
32	66,9
33	59,5
34	59,5
35	48,4
36	48,4

ANEXO H: DATOS DE TEMPERATURA PROBETA DE COBRE (50x50) mm

N°	Temperatura Real	Distancia de 1m	Distancia de 6m		Distancia de 12m	
			Sin corrección	Con corrección	Sin corrección	Con corrección
1	70	67,6	64,8	65,2	55,0	52,6
2	70	67,7	64,6	65,3	55,8	54,2
3	70	67,4	64,7	65,4	54,2	51,7
4	70	67,5	64,7	65,3	55,5	52,8
5	70	67,5	64,6	65,4	56,0	53,0
6	70	67,4	64,5	65,1	54,7	51,7
7	70	67,5	64,4	65,3	55,3	54,9
8	70	67,6	64,4	65,2	55,5	52,2
9	70	67,5	64,5	65,0	53,1	53,0
10	70	67,6	64,6	65,4	53,2	53,4
11	70	67,7	64,4	65,3	50,1	51,7
12	70	67,7	64,2	65,5	55,7	54,3
13	70	67,8	64,4	65,2	54,9	54,3
14	70	67,5	64,4	65,2	54,8	55,3
15	70	67,4	64,4	65,3	55,5	53,3
16	70	67,5	64,2	65,1	55,5	52,1
17	70	67,5	64,3	65,0	53,2	51,9
18	70	67,5	64,2	65,2	55,8	53,2
19	70	67,5	64,3	65,2	55,7	53,9
20	70	67,3	64,3	65,3	54,1	51,8
21	70	67,4	64,3	65,1	54,6	54,9
22	70	67,4	64,3	65,2	52,6	55,4
23	70	67,4	64,5	65,4	55,5	53,6
24	70	67,4	64,4	65,4	53,2	53,7
25	70	67,4	64,4	65,1	55,3	52,7
Promedio	70	67,508	64,432	65,244	54,592	53,264
Desviación estándar		0,12220202	0,16258331	0,1325393	1,37505151	1,16828935
Coefficiente de variación		0,18%	0,25%	0,20%	2,52%	2,19%
Error		-3,56%	-7,95%	-6,79%	-22,01%	-23,91%

ANEXO I: DATOS DE TEMPERATURA PROBETA DE ALUMINIO DE (50x50) mm

N°	Temperatura Real	Distancia de 1m	Distancia de 6m		Distancia de 12m	
			Sin corrección	Con corrección	Sin corrección	Con corrección
1	70	66,0	60,7	60,5	41,1	40,9
2	70	66,8	61,0	60,8	41,0	41,7
3	70	66,5	61,0	60,5	40,1	40,6
4	70	66,6	60,9	60,7	40,6	40,5
5	70	66,6	60,9	60,7	40,5	41,5
6	70	66,7	60,7	61,3	40,0	41,6
7	70	66,7	60,5	60,9	40,8	41,1
8	70	66,6	60,5	61,2	40,4	41,1
9	70	66,7	61,0	60,9	39,2	41,7
10	70	66,8	60,7	60,7	41,0	41,3
11	70	66,7	61,0	61,3	40,4	41,6
12	70	66,1	60,8	61,1	41,1	42,1
13	70	66,2	61,0	61,0	41,3	41,2
14	70	66,2	59,8	60,4	40,6	41,1
15	70	66,2	60,1	61,3	40,6	41,5
16	70	66,2	59,9	60,6	40,6	41,4
17	70	66,3	60,5	61,4	40,5	41,2
18	70	66,4	60,7	61,2	40,7	41,1
19	70	66,4	60,7	61,1	41,0	41,3
20	70	66,4	60,3	61,0	40,6	41,2
21	70	66,5	60,3	60,9	40,6	41,0
22	70	66,5	61,0	60,3	40,7	40,5
23	70	66,3	61,2	61,8	40,8	41,2
24	70	66,4	61,2	61,5	40,2	40,5
25	70	66,4	61,0	61,7	40,8	40,5
Promedio	70	66,448	60,696	60,992	40,608	41,176
Desviación estándar		0,22383029	0,38021924	0,39572718	0,43003876	0,42551929
Coefficiente de variación		0,34%	0,63%	0,65%	1,06%	1,03%
Error		-5,07%	-13,29%	-12,87%	-41,99%	-41,18%

ANEXO J: DATOS DE TEMPERATURA DE LAS CÁMARAS TERMOGRÁFICAS

DATOS DE TEMPERATURAS A UN METRO DE DISTANCIA												
N°	Temperatura Real (°C)	Distancia	SATIR HOTFIND-VR (160x120)		SATIR HOTFIND-S (384x288)		SATIR D-600 (640x480)		SATIR D-600 (640x480) lente de 12°		SATIR D-600 (640x480) Lente de 48°	
			Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)
1	90	1 metro	87,0	87,0	89,0	89,0	89,6	89,6	90,5	90,5	90,6	90,6
2	90		87,3	87,3	88,8	88,8	89,3	89,3	90,5	90,5	91,0	91,0
3	90		87,4	87,4	88,5	88,5	89,2	89,2	90,6	90,6	90,8	90,8
4	90		87,0	87,0	88,8	88,8	89,4	89,4	90,6	90,6	90,8	90,8
5	90		87,2	87,2	88,7	88,7	89,6	89,6	90,7	90,7	90,8	90,8
6	90		87,0	87,0	88,8	88,8	89,4	89,4	90,6	90,6	90,8	90,8
7	90		87,2	87,2	88,6	88,6	89,3	89,3	90,7	90,7	90,5	90,5
8	90		87,4	87,4	88,8	88,8	98,3	98,3	90,5	90,5	90,5	90,5
9	90		87,1	87,1	88,9	88,9	89,4	89,4	90,7	90,7	90,4	90,4
10	90		87,3	87,3	88,9	88,9	89,7	89,7	90,7	90,7	90,6	90,6
11	90		87,4	87,4	88,8	88,8	89,9	89,9	90,8	90,8	90,9	90,9
12	90		87,6	87,6	88,7	88,7	90,0	90,0	90,6	90,6	91,4	91,4
13	90		87,7	87,7	88,5	88,5	89,9	89,9	90,7	90,7	91,4	91,4
14	90		87,5	87,5	88,4	88,4	89,8	89,8	90,7	90,7	91,4	91,4
15	90		87,6	87,6	88,8	88,8	89,7	89,7	90,6	90,6	91,4	91,4
16	90		87,7	87,7	88,7	88,7	89,5	89,5	90,6	90,6	91,5	91,5
17	90		87,9	87,9	88,9	88,9	89,3	89,3	90,6	90,6	92,0	92,0
18	90		87,4	87,4	88,8	88,8	89,4	89,4	90,6	90,6	92,1	92,1
19	90		87,6	87,6	88,7	88,7	89,3	89,3	90,4	90,4	91,0	91,0
20	90		87,6	87,6	88,6	88,6	89,4	89,4	90,4	90,4	91,2	91,2
21	90		87,2	87,2	88,9	88,9	90,0	90,0	90,4	90,4	91,2	91,2
22	90		87,4	87,4	88,8	88,8	89,8	89,8	90,4	90,4	91,3	91,3
23	90		87,1	87,1	88,6	88,6	89,8	89,8	90,4	90,4	91,4	91,4
24	90		87,2	87,2	88,5	88,5	89,7	89,7	90,4	90,4	91,3	91,3
25	90		87,2	87,2	88,6	88,6	89,6	89,6	90,6	90,6	91,3	91,3
26	90		87,3	87,3	88,7	88,7	89,3	89,3	90,6	90,6	91,6	91,6
27	90		87,1	87,1	88,7	88,7	89,4	89,4	90,7	90,7	91,6	91,6
28	90		87,3	87,3	88,6	88,6	89,6	89,6	90,7	90,7	91,8	91,8
29	90		87,0	87,0	88,5	88,5	89,6	89,6	90,7	90,7	91,2	91,2
30	90		87,2	87,2	88,5	88,5	90,0	90,0	90,7	90,7	91,2	91,2
31	90		87,2	87,2	88,7	88,7	89,7	89,7	90,8	90,8	91,5	91,5
32	90		87,1	87,1	88,8	88,8	89,8	89,8	90,6	90,6	91,5	91,5
33	90		87,1	87,1	88,8	88,8	89,9	89,9	90,6	90,6	91,5	91,5
34	90		87,2	87,2	88,7	88,7	89,8	89,8	90,8	90,8	91,1	91,1
35	90		87,1	87,1	88,6	88,6	89,6	89,6	90,5	90,5	91,1	91,1
36	90		87,2	87,2	88,6	88,6	89,5	89,5	90,6	90,6	91,4	91,4

DATOS DE TEMPERATURAS A DOS METROS DE DISTANCIA												
N°	Temperatura Real (°C)	Distancia	SATIR HOTFIND-VR (160x120)		SATIR HOTFIND-S (384x288)		SATIR D-600 (640x480)		SATIR D-600 (640x480) lente de 12°		SATIR D-600 (640x480) Lente de 48°	
			Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)
37	90	2 metro	86,2	86,6	88,0	88,7	88,3	89,4	89,0	90,0	90,5	91,2
38	90		86,4	86,3	87,6	88,5	88,5	89,5	89,1	90,2	90,3	91,0
39	90		86,7	86,4	87,9	88,7	88,6	89,6	89,2	90,3	90,3	91,6
40	90		86,8	86,3	88,0	88,5	88,6	89,6	89,2	90,2	90,3	91,7
41	90		87,0	86,4	88,0	88,6	88,4	89,8	89,3	90,1	90,1	91,8
42	90		86,1	86,4	87,9	88,7	88,2	89,8	89,1	90,0	90,3	91,8
43	90		86,3	86,5	88,0	88,8	88,0	90,0	89,1	90,1	90,6	90,9
44	90		87,2	86,6	88,0	88,8	87,7	89,9	89,2	90,2	90,1	91,2
45	90		87,3	86,8	88,3	88,7	88,4	89,7	89,1	90,2	90,2	91,2
46	90		87,3	86,9	88,1	88,5	88,4	89,4	89,1	90,2	90,4	91,2
47	90		87,5	87,1	87,9	88,6	88,1	89,5	89,2	90,2	90,5	91,4
48	90		87,6	87,2	88,0	88,8	88,0	89,5	89,2	90,1	90,3	90,7
49	90		87,6	87,5	88,1	88,9	88,3	89,5	89,3	90,1	90,5	91,2
50	90		87,9	87,6	88,2	88,9	88,1	89,6	89,2	90,0	90,6	91,5
51	90		86,4	87,7	88,2	88,8	88,4	89,7	89,3	90,0	90,7	90,7
52	90		86,6	86,4	88,4	88,6	88,3	89,8	89,1	90,1	90,3	90,7
53	90		86,6	86,5	88,6	88,4	88,2	89,8	89,2	90,0	90,3	90,8
54	90		86,7	86,5	88,4	88,3	87,7	89,7	89,1	90,1	90,2	90,8
55	90		86,8	86,5	88,2	88,3	88,3	89,4	89,3	90,0	90,3	90,9
56	90		86,9	86,5	88,1	88,4	88,5	89,3	89,3	90,1	90,0	90,8
57	90		86,3	86,5	88,1	88,5	88,6	89,6	89,1	90,2	90,2	90,7
58	90		86,0	86,6	88,2	88,9	88,7	89,6	89,2	90,2	90,5	90,7
59	90		86,1	86,5	88,4	88,9	87,8	89,6	89,2	90,1	90,1	91,0
60	90		86,4	86,4	88,3	88,9	87,9	89,8	89,3	90,1	90,2	91,0
61	90		86,4	86,5	88,2	88,6	88,1	89,5	89,3	90,2	90,1	90,8
62	90		86,6	86,6	88,1	88,9	88,2	89,7	89,3	90,1	90,0	90,9
63	90		86,7	86,6	88,1	88,7	88,6	89,3	89,3	90,1	90,1	90,7
64	90		87,0	86,8	88,0	88,5	88,7	89,3	89,2	90,1	90,0	91,0
65	90		86,0	86,9	88,2	88,3	88,4	89,3	89,1	90,2	90,1	91,0
66	90		86,2	86,9	88,3	88,3	88,4	89,3	89,3	90,1	90,1	91,0
67	90		86,5	86,2	88,4	88,3	88,2	89,1	89,3	90,0	90,2	91,0
68	90		86,6	86,5	88,4	88,6	88,0	89,4	89,3	90,0	90,3	91,0
69	90		86,8	87,4	88,3	88,7	87,9	89,6	89,3	90,0	90,2	91,1
70	90		86,9	87,7	88,0	88,7	87,9	89,7	89,3	90,0	90,2	91,1
71	90		86,6	86,5	87,9	88,8	88,0	89,9	89,3	90,0	90,2	91,0
72	90		86,3	86,5	87,9	88,5	88,2	89,8	89,2	90,0	90,0	91,0

DATOS DE TEMPERATURAS A TRES METROS DE DISTANCIA												
N°	Temperatura Real (°C)	Distancia	SATIR HOTFIND-VR (160x120)		SATIR HOTFIND-S (384x288)		SATIR D-600 (640x480)		SATIR D-600 (640x480) lente de 12°		SATIR D-600 (640x480) Lente de 48°	
			Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)
73	90	3 metro	86,2	86,4	87,4	87,9	87,5	89,9	88,8	89,7	90,9	91,0
74	90		86,2	86,2	87,7	88,2	87,4	89,9	88,9	89,9	90,9	91,2
75	90		86,3	85,9	87,8	88,4	87,6	89,6	89,0	89,9	91,1	91,2
76	90		86,0	86,1	87,9	88,4	87,9	89,7	89,0	89,8	91,0	91,1
77	90		85,9	86,0	88,1	88,0	88,2	89,7	88,8	89,8	91,1	91,2
78	90		86,0	86,1	88,1	87,7	88,0	89,8	88,9	89,9	91,2	91,1
79	90		85,9	85,8	88,0	88,0	88,2	89,7	88,7	89,9	91,2	91,2
80	90		86,2	86,0	87,8	88,2	88,1	89,6	88,8	89,9	91,1	91,1
81	90		85,4	86,2	87,7	88,3	87,9	89,5	88,9	89,9	91,1	91,1
82	90		85,8	82,4	87,5	88,5	87,7	89,8	88,9	88,8	91,1	91,1
83	90		85,5	86,4	87,6	88,5	87,4	89,7	88,8	89,8	91,2	91,1
84	90		85,6	86,2	87,7	88,4	87,5	89,2	88,9	89,8	91,0	91,0
85	90		85,9	86,4	87,7	88,2	87,5	89,2	88,8	90,0	91,0	91,1
86	90		85,9	86,4	87,9	88,1	87,6	89,3	88,8	89,8	91,0	91,1
87	90		85,9	86,4	87,9	88,2	87,8	89,5	88,7	90,0	91,0	91,0
88	90		86,2	86,4	87,8	88,4	87,9	89,7	88,7	89,9	91,0	91,0
89	90		86,1	86,2	87,5	88,4	88,2	89,5	89,0	89,8	91,0	91,1
90	90		86,4	85,9	87,6	88,0	88,1	89,5	88,7	89,8	91,0	91,2
91	90		86,2	86,0	87,7	88,1	88,0	89,3	88,8	89,7	90,9	90,9
92	90		86,3	86,2	87,7	88,0	87,9	89,3	89,0	89,9	90,8	91,1
93	90		86,5	86,1	87,7	88,1	87,7	89,3	88,7	90,0	90,8	91,1
94	90		85,9	86,2	87,8	88,4	87,7	89,5	88,7	90,0	91,0	91,2
95	90		85,9	86,3	87,8	88,3	87,7	89,8	88,8	89,9	91,0	91,2
96	90		85,8	86,1	87,7	88,2	87,7	89,7	88,8	90,0	91,0	91,2
97	90		85,9	86,4	87,6	88,3	87,8	89,4	88,7	89,9	91,0	91,2
98	90		85,9	86,5	87,4	88,4	87,7	89,4	88,9	89,9	90,9	91,2
99	90		86,0	86,6	87,2	88,4	87,6	89,5	88,8	89,8	90,9	91,0
100	90		85,6	86,5	87,2	88,1	87,6	89,6	88,8	89,8	90,9	91,0
101	90		85,9	86,5	87,5	88,2	87,7	89,7	88,8	89,8	90,8	91,0
102	90		86,0	86,2	87,9	88,3	87,7	89,8	88,8	89,9	90,9	91,0
103	90		86,0	86,0	87,7	88,4	87,7	89,9	88,9	89,8	90,9	91,0
104	90		86,2	86,0	87,6	88,4	88,0	89,8	88,9	89,9	90,9	90,9
105	90		86,6	86,0	87,5	88,3	87,9	89,6	88,7	89,9	90,8	90,9
106	90		86,5	85,7	87,3	88,2	87,8	89,4	88,8	89,9	90,7	90,9
107	90	86,5	85,7	87,3	88,1	87,6	89,1	88,8	89,9	90,6	91,0	
108	90	86,2	85,9	87,4	87,9	87,5	89,0	88,9	89,9	90,6	91,0	

DATOS DE TEMPERATURAS A CUATRO METROS DE DISTANCIA												
N°	Temperatura Real (°C)	Distancia	SATIR HOTFIND-VR (160x120)		SATIR HOTFIND-S (384x288)		SATIR D-600 (640x480)		SATIR D-600 (640x480) lente de 12°		SATIR D-600 (640x480) Lente de 48°	
			Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)
109	90	4 metro	85,2	85,5	87,1	87,4	87,0	89,4	88,6	89,1	90,5	90,9
110	90		85,1	85,3	86,9	87,6	87,4	89,0	88,5	89,1	90,7	90,9
111	90		58,0	85,3	86,7	87,8	87,5	89,0	88,6	89,4	90,7	90,9
112	90		85,2	85,5	86,6	88,0	87,3	89,4	88,6	89,5	90,7	90,8
113	90		85,1	85,8	87,7	87,9	87,2	89,6	88,7	89,4	90,4	90,7
114	90		85,3	85,7	87,0	87,9	86,8	89,9	88,8	89,4	90,4	90,5
115	90		85,4	85,7	87,1	88,0	86,6	89,8	88,6	89,3	90,5	90,4
116	90		85,5	85,8	87,0	87,8	86,6	89,8	88,6	89,2	90,6	90,4
117	90		85,3	85,9	87,0	87,4	86,8	89,7	88,6	89,3	90,7	90,3
118	90		85,4	86,1	86,6	87,3	87,0	89,6	88,6	89,3	90,5	90,2
119	90		85,5	86,4	86,4	87,3	87,0	89,3	88,6	89,4	90,5	90,9
120	90		85,6	86,1	86,6	88,0	87,3	89,3	88,6	89,2	90,5	91,0
121	90		85,4	86,0	86,7	87,9	87,1	89,3	88,7	89,2	90,5	90,9
122	90		85,1	86,0	86,8	87,8	87,0	89,4	88,7	89,1	90,5	90,8
123	90		85,1	86,1	86,8	87,7	87,0	89,8	88,7	89,1	90,4	90,8
124	90		85,1	86,0	86,5	87,8	87,2	89,5	88,8	89,3	90,4	90,8
125	90		85,2	86,0	86,5	87,9	87,1	89,5	88,7	89,2	90,4	90,7
126	90		85,5	86,0	86,6	88,0	87,1	89,3	88,6	89,2	90,4	90,7
127	90		85,3	86,0	86,7	88,1	86,9	89,3	88,7	89,2	90,4	91,0
128	90		85,5	85,5	86,7	88,2	86,9	89,1	88,7	89,3	90,3	91,0
129	90		85,4	85,3	86,6	88,1	86,8	89,3	88,6	89,3	90,2	91,2
130	90		85,5	85,3	86,6	87,8	86,8	89,5	88,6	89,2	90,1	91,0
131	90		85,5	85,5	86,7	87,7	86,9	89,8	88,5	89,2	90,0	91,1
132	90		85,8	85,4	86,7	87,5	87,0	89,8	88,5	89,2	90,0	91,1
133	90		85,6	85,5	86,5	87,4	86,7	89,7	88,6	89,2	90,1	91,1
134	90		85,3	85,7	86,3	87,8	86,9	89,6	88,6	89,1	90,0	91,2
135	90		85,4	85,6	86,2	88,1	87,1	89,4	88,7	89,3	90,0	91,1
136	90		85,5	85,4	86,3	88,2	87,2	89,3	88,5	89,2	90,2	90,9
137	90		85,5	85,6	86,4	88,3	87,1	89,4	88,5	89,3	90,3	90,8
138	90		85,8	85,7	86,5	88,3	87,0	89,5	88,6	89,2	90,4	90,8
139	90		85,8	85,9	86,7	87,9	86,8	89,7	88,7	89,2	90,5	90,7
140	90		85,8	86,0	86,7	87,7	87,0	89,8	88,6	89,2	90,6	90,7
141	90		85,8	86,0	86,7	87,7	87,1	89,8	88,6	89,2	90,5	90,6
142	90		85,4	86,0	86,8	87,8	87,2	89,7	88,7	89,2	90,5	90,6
143	90	85,5	86,1	86,7	87,9	87,3	89,6	88,7	89,2	90,4	90,5	
144	90	85,4	86,0	86,1	88,0	87,4	89,5	88,5	89,1	90,4	90,5	

DATOS DE TEMPERATURAS A CINCO METROS DE DISTANCIA												
N°	Temperatura Real (°C)	Distancia	SATIR HOTFIND-VR (160x120)		SATIR HOTFIND-S (384x288)		SATIR D-600 (640x480)		SATIR D-600 (640x480) lente de 12°		SATIR D-600 (640x480) Lente de 48°	
			Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)
109	90	5 metro	84,7	85,1	86,1	88,0	86,7	89,7	88,0	89,0	90,2	90,7
110	90		84,7	85,2	86,2	87,7	86,9	89,5	88,4	89,1	90,2	90,8
111	90		84,7	85,4	86,2	87,8	87,0	89,4	88,3	89,1	90,3	90,7
112	90		84,8	85,5	86,3	87,7	86,7	89,4	88,3	89,1	90,4	90,9
113	90		84,9	85,5	86,4	87,5	86,4	89,5	88,3	89,1	90,2	90,9
114	90		84,7	85,2	86,4	87,5	86,3	89,6	88,3	88,9	90,2	90,8
115	90		84,9	85,4	86,3	87,6	86,8	89,7	88,1	88,9	90,2	90,8
116	90		84,8	85,3	86,1	87,7	87,0	89,5	88,0	89,0	90,1	90,8
117	90		84,9	85,3	86,3	88,1	87,1	89,2	88,0	89,1	90,1	90,7
118	90		85,0	85,3	86,3	88,1	86,9	89,1	88,0	88,9	90,0	91,2
119	90		85,1	85,3	86,3	87,9	86,6	89,0	88,0	88,9	90,3	91,2
120	90		85,0	85,0	86,5	87,7	86,5	89,2	88,0	89,1	90,3	91,1
121	90		85,1	84,8	86,6	87,5	86,3	89,4	88,0	89,0	90,2	91,3
122	90		84,8	84,8	86,8	87,4	86,3	89,5	88,1	89,1	90,2	91,1
123	90		84,7	84,9	86,6	87,4	86,5	89,4	88,0	88,9	90,1	91,1
124	90		84,8	84,9	86,6	87,4	86,9	89,1	88,0	89,0	90,2	91,1
125	90		84,6	84,9	86,1	87,9	87,1	88,9	88,0	89,1	90,1	91,0
126	90		84,6	84,7	86,1	88,1	87,0	89,3	88,1	88,9	90,1	91,1
127	90		84,6	85,1	86,2	87,9	86,5	89,8	88,1	89,0	90,2	91,1
128	90		84,7	85,2	86,3	87,8	86,4	89,9	88,0	89,0	90,1	91,1
129	90		84,5	85,2	86,6	87,6	86,4	89,8	88,1	89,1	90,1	90,9
130	90		84,4	85,5	86,7	87,4	86,6	89,5	88,0	89,1	90,2	90,9
131	90		84,6	85,3	86,7	87,5	87,6	89,6	88,0	89,1	90,2	91,1
132	90		84,9	85,3	86,4	87,6	86,9	89,7	88,1	89,1	90,2	91,1
133	90		85,0	85,1	86,1	87,7	86,8	89,8	88,0	89,1	90,2	91,0
134	90		85,0	85,1	86,1	88,1	86,7	89,8	88,1	89,1	90,0	91,1
135	90		85,0	85,1	86,2	87,4	86,5	89,4	88,0	89,0	90,2	90,9
136	90		85,0	84,9	86,1	87,3	86,3	89,3	88,1	89,1	90,1	91,1
137	90		84,7	84,8	86,2	87,4	86,3	89,2	88,1	89,1	90,1	91,1
138	90		84,8	85,0	86,4	87,5	86,3	89,2	88,2	89,1	90,1	90,9
139	90	84,6	85,0	86,2	87,5	86,5	89,5	88,0	89,1	90,2	91,1	
140	90	84,7	84,9	86,5	87,7	86,7	89,6	88,0	89,1	90,1	91,4	
141	90	84,7	85,1	86,6	87,8	86,9	89,3	88,1	89,0	90,1	91,1	
142	90	84,9	85,1	86,7	87,7	86,8	89,1	88,2	89,0	90,2	91,1	
143	90	84,8	84,9	86,6	87,4	86,6	89,5	88,2	89,0	90,1	91,1	
144	90	84,7	85,2	86,4	87,5	86,6	89,5	88,1	88,9	90,1	91,0	

DATOS DE TEMPERATURAS A SEIS METROS DE DISTANCIA												
N°	Temperatura Real (°C)	Distancia	SATIR HOTFIND-VR (160x120)		SATIR HOTFIND-S (384x288)		SATIR D-600 (640x480)		SATIR D-600 (640x480) lente de 12°		SATIR D-600 (640x480) Lente de 48°	
			Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)
181	90	6 metro	84,5	84,3	85,9	87,2	86,3	89,9	87,6	88,9	90,0	90,8
182	90		84,2	84,3	85,9	87,6	86,1	89,9	87,7	88,7	90,0	90,8
183	90		84,3	84,4	85,9	87,7	86,8	89,8	87,8	88,8	89,9	90,7
184	90		83,9	84,1	86,1	87,5	87,1	89,7	87,7	88,9	90,0	90,7
185	90		84,3	84,5	86,3	87,6	86,9	89,9	87,7	88,8	89,9	90,9
186	90		84,1	84,7	86,2	88,0	86,9	89,6	87,6	88,7	89,9	90,8
187	90		84,3	84,4	86,1	88,0	86,6	89,4	87,7	88,7	89,9	90,7
188	90		84,3	84,9	86,1	87,6	86,3	89,3	87,8	88,7	90,1	90,6
189	90		84,3	84,7	86,1	87,6	86,4	89,0	87,9	88,7	90,2	90,6
190	90		84,4	84,8	86,1	89,9	86,4	89,2	87,8	88,8	90,3	90,8
191	90		84,3	84,8	86,5	89,9	86,5	89,5	87,7	88,7	89,9	90,6
192	90		84,5	84,6	86,3	87,9	86,6	89,3	87,6	88,8	89,9	90,7
193	90		84,5	84,6	86,2	87,8	86,6	89,1	87,6	88,6	89,9	90,6
194	90		84,4	84,7	85,8	87,6	86,5	89,2	87,6	88,7	90,2	90,6
195	90		84,4	84,3	85,8	88,0	86,3	89,4	87,7	88,7	90,1	90,5
196	90		84,3	84,0	85,9	87,9	86,1	89,6	87,7	88,8	90,1	90,5
197	90		84,1	84,1	86,3	87,9	86,0	89,5	87,6	88,7	90,0	90,6
198	90		84,1	84,1	86,3	88,0	86,4	89,8	87,7	88,7	89,9	90,7
199	90		83,9	84,3	86,2	87,8	86,7	89,7	87,6	88,7	89,9	90,7
200	90		84,0	84,3	85,9	87,6	87,1	89,9	87,7	88,8	90,0	90,6
201	90		84,0	84,3	86,2	87,5	87,0	89,8	87,7	88,8	90,1	90,5
202	90		84,0	84,4	86,1	87,6	86,6	89,6	87,9	88,6	90,0	90,7
203	90		84,0	84,7	85,7	87,7	86,5	89,8	87,8	88,7	89,9	90,5
204	90		84,2	84,7	85,7	88,0	86,3	89,8	87,6	88,7	90,2	90,6
205	90		84,3	84,6	85,9	87,6	86,6	89,7	87,7	88,7	90,0	90,6
206	90		84,0	84,5	86,0	87,6	86,9	89,6	87,8	88,6	90,2	90,6
207	90		84,7	84,5	86,2	87,4	87,0	89,5	87,7	88,8	89,8	90,7
208	90		84,3	84,4	86,1	87,5	86,8	89,5	87,8	88,7	89,9	90,6
209	90		84,7	84,1	86,0	87,7	86,5	89,9	87,8	88,6	89,9	90,7
210	90		84,2	84,0	85,8	87,6	86,6	89,8	87,9	88,7	89,9	90,6
211	90		84,4	84,1	85,8	87,6	86,8	89,6	87,6	88,6	89,9	90,5
212	90		84,6	83,9	85,1	87,5	86,9	89,6	87,9	88,6	89,8	90,8
213	90	84,4	84,2	86,4	87,3	86,9	89,6	87,9	88,7	89,9	90,7	
214	90	84,4	84,0	86,2	87,5	86,9	89,6	87,8	88,6	89,8	90,6	
215	90	84,3	84,1	86,2	87,7	86,7	89,4	87,6	88,6	90,0	90,6	
216	90	84,2	84,2	86,0	88,0	86,8	89,5	87,6	88,7	89,9	90,8	

DATOS DE TEMPERATURAS A SIETE METROS DE DISTANCIA												
N°	Temperatura Real (°C)	Distancia	SATIR HOTFIND-VR (160x120)		SATIR HOTFIND-S (384x288)		SATIR D-600 (640x480)		SATIR D-600 (640x480) lente de 12°		SATIR D-600 (640x480) Lente de 48°	
			Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)
217	90	7 metro	83,6	83,5	85,5	87,4	86,0	89,5	87,4	88,5	89,4	90,5
218	90		83,5	83,9	85,3	87,6	86,0	89,9	87,3	88,7	89,6	90,5
219	90		83,5	84,1	85,3	87,5	86,3	89,9	87,2	88,6	89,4	90,6
220	90		83,3	84,2	85,5	87,2	86,4	89,7	87,3	88,5	89,7	90,6
221	90		83,6	83,6	85,9	87,1	86,4	89,5	87,2	88,7	89,6	90,8
222	90		83,6	84,1	85,2	86,8	86,3	89,4	87,4	88,7	89,5	90,6
223	90		83,4	84,3	85,9	87,0	86,9	89,4	87,2	88,6	89,6	90,6
224	90		83,4	84,2	85,7	87,1	86,1	89,6	87,2	88,5	89,5	90,6
225	90		83,6	84,2	85,4	87,2	86,2	89,8	87,3	88,3	89,7	90,3
226	90		83,4	84,3	85,4	87,2	86,6	89,3	87,4	88,5	89,5	90,4
227	90		83,6	84,2	85,6	87,2	86,1	89,4	87,2	88,6	89,8	90,4
228	90		83,5	84,1	85,9	87,1	86,4	89,5	87,3	88,6	89,5	90,4
229	90		83,6	83,9	85,9	87,1	86,4	89,7	87,2	88,7	89,7	90,5
230	90		83,2	84,1	85,8	87,3	86,6	89,9	87,2	88,6	89,5	90,4
231	90		83,7	83,9	85,7	87,3	86,4	89,7	87,3	88,7	89,4	90,7
232	90		83,7	83,9	85,5	87,4	86,1	89,4	87,2	88,5	89,5	90,3
233	90		83,7	84,1	85,4	87,2	86,2	89,5	87,2	88,3	89,4	90,3
234	90		83,9	83,8	85,4	87,2	86,5	89,6	87,3	88,6	89,7	90,4
235	90		83,6	84,1	85,6	86,8	86,6	89,7	87,1	88,3	89,4	90,4
236	90		84,1	84,1	85,8	86,9	86,5	89,9	87,2	88,5	89,4	90,4
237	90		84,1	84,4	86,2	87,0	85,9	89,7	87,2	88,5	89,5	90,5
238	90		84,1	84,7	86,2	87,3	85,8	89,5	87,2	88,6	89,5	90,6
239	90		84,1	84,3	86,0	87,5	86,2	89,5	87,2	88,6	89,4	90,5
240	90		83,9	84,2	85,8	87,9	86,1	89,6	87,2	88,6	89,4	90,5
241	90		84,0	84,2	85,9	87,9	86,1	89,8	87,2	88,5	89,5	90,6
242	90		83,7	84,1	86,0	87,2	86,2	89,6	87,1	88,5	89,5	90,6
243	90		83,6	83,7	86,0	87,8	86,4	89,6	87,2	88,3	89,5	90,6
244	90		83,4	84,1	86,1	87,4	86,5	89,4	87,1	88,4	89,5	90,6
245	90		83,6	84,1	85,9	87,3	86,5	89,5	87,1	88,4	89,6	90,5
246	90		83,2	84,2	85,7	87,3	86,1	89,4	87,2	88,4	89,7	90,6
247	90		83,4	83,9	85,7	87,4	85,9	89,5	87,1	88,6	89,7	90,6
248	90		83,3	84,1	85,9	87,8	85,7	89,7	87,1	88,5	89,5	90,6
249	90	83,2	83,9	85,9	87,5	85,9	89,5	87,3	88,5	89,5	90,5	
250	90	83,7	84,2	86,0	87,3	86,1	89,5	87,3	88,4	89,7	90,6	
251	90	83,5	83,8	86,0	87,1	86,1	89,6	87,4	88,4	89,5	90,6	
252	90	83,6	83,6	85,8	87,5	86,0	89,6	87,2	88,4	89,4	90,4	

DATOS DE TEMPERATURAS A OCHO METROS DE DISTANCIA												
N°	Temperatura Real (°C)	Distancia	SATIR HOTFIND-VR (160x120)		SATIR HOTFIND-S (384x288)		SATIR D-600 (640x480)		SATIR D-600 (640x480) lente de 12°		SATIR D-600 (640x480) Lente de 48°	
			Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)
253	90	8 metro	83,1	82,7	84,8	87,2	85,9	89,7	86,3	87,4	89,0	90,4
254	90		82,8	82,3	84,5	87,2	86,7	89,6	86,4	87,3	88,9	90,5
255	90		82,7	82,9	85,2	87,2	85,5	89,8	86,3	87,2	88,9	90,6
256	90		82,5	83,6	85,1	87,0	85,5	89,9	86,3	87,2	88,9	90,5
257	90		82,7	83,3	85,1	87,0	85,5	89,8	86,5	87,4	88,9	90,6
258	90		82,7	83,2	84,4	87,0	85,7	89,8	86,6	87,2	88,9	90,3
259	90		82,7	83,5	85,1	87,2	85,8	89,7	86,3	87,5	88,9	90,2
260	90		82,9	83,5	84,7	87,3	85,8	89,6	86,6	87,2	88,9	90,3
261	90		82,4	83,2	84,9	87,3	85,7	89,6	86,4	87,3	89,0	90,2
262	90		82,8	83,3	84,9	87,1	85,6	89,6	86,5	87,5	89,0	90,4
263	90		82,6	83,4	84,8	86,8	85,5	89,8	86,5	87,5	88,9	90,4
264	90		82,7	83,3	85,0	86,9	85,3	89,8	86,7	87,6	88,9	90,4
265	90		82,8	83,2	84,9	86,6	85,3	89,9	86,5	87,6	88,9	90,3
266	90		85,8	83,3	84,9	86,7	85,3	89,6	86,5	87,4	89,0	90,4
267	90		82,9	82,7	84,8	86,7	85,6	89,8	86,7	87,3	88,9	90,5
268	90		82,9	82,7	84,2	87,2	85,8	89,9	86,7	87,5	88,9	90,6
269	90		82,9	82,5	85,1	87,2	85,9	89,9	86,4	87,6	88,9	90,6
270	90		82,7	83,1	84,9	87,5	86,0	89,9	86,6	87,4	89,0	90,3
271	90		82,5	83,2	84,4	87,4	85,9	89,7	86,3	87,6	89,0	90,4
272	90		82,5	83,2	84,3	87,3	85,6	89,3	86,4	87,6	88,9	90,3
273	90		82,5	82,9	84,8	87,3	85,3	89,8	86,7	87,2	88,8	90,5
274	90		82,1	83,0	84,6	86,9	85,3	89,6	86,5	87,2	88,9	90,3
275	90		82,7	82,9	84,6	87,0	85,4	89,9	86,6	87,3	89,0	90,3
276	90		82,2	83,2	85,4	86,7	85,7	89,6	86,5	87,5	88,8	90,4
277	90		82,1	83,0	85,0	86,8	85,8	89,4	86,6	87,6	88,9	90,6
278	90		82,5	83,6	85,3	87,0	85,9	89,5	86,7	87,7	88,9	90,5
279	90		82,7	83,4	85,3	87,0	85,9	89,6	86,6	87,6	89,0	90,3
280	90		82,6	83,5	85,5	87,1	85,7	89,5	86,6	87,6	88,8	90,5
281	90		82,9	82,4	85,2	87,2	85,5	89,6	86,4	87,5	89,0	90,3
282	90		83,1	83,3	85,3	87,2	85,3	89,7	86,5	87,5	88,9	90,3
283	90		82,0	83,4	85,2	86,9	85,2	89,8	86,5	87,6	89,0	90,5
284	90		83,1	83,4	84,9	87,1	85,3	89,8	86,7	87,6	89,1	90,5
285	90		83,2	83,0	84,7	86,8	85,5	89,7	86,7	87,7	88,9	90,6
286	90		83,2	83,1	84,8	87,0	85,7	89,7	86,6	87,7	89,1	90,6
287	90	83,1	83,3	85,0	86,8	85,8	89,8	86,7	87,5	89,1	90,5	
288	90	82,4	83,3	84,9	87,3	85,7	89,9	86,8	87,6	88,9	90,4	

DATOS DE TEMPERATURAS A NUEVE METROS DE DISTANCIA												
N°	Temperatura Real (°C)	Distancia	SATIR HOTFIND-VR (160x120)		SATIR HOTFIND-S (384x288)		SATIR D-600 (640x480)		SATIR D-600 (640x480) lente de 12°		SATIR D-600 (640x480) Lente de 48°	
			Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)
289	90	9 metro	81,6	82,6	83,6	87,0	85,3	89,5	86,0	87,1	88,9	90,5
290	90		81,3	83,2	83,7	86,9	85,2	89,9	86,2	87,2	88,7	90,5
291	90		82,4	81,9	83,7	87,1	85,5	89,8	86,1	87,0	88,7	90,5
292	90		82,1	83,0	83,6	87,1	85,3	89,9	85,9	87,2	88,7	90,5
293	90		82,1	82,3	84,2	86,7	85,2	89,9	86,1	87,3	88,7	90,7
294	90		81,8	81,8	84,0	86,4	85,2	89,8	86,3	87,4	88,7	90,7
295	90		82,8	82,8	83,7	86,5	85,6	89,6	86,0	87,3	88,7	90,7
296	90		82,6	82,8	83,6	86,2	85,7	89,5	86,1	87,0	88,7	90,7
297	90		82,6	82,3	83,7	86,5	85,8	89,5	86,4	87,0	88,8	90,8
298	90		81,7	82,4	84,6	85,9	85,9	89,5	86,1	87,1	88,9	90,5
299	90		82,1	81,9	84,6	86,5	85,7	89,7	86,3	87,3	88,9	90,6
300	90		82,1	81,4	84,4	86,0	85,3	89,6	86,3	87,0	88,6	90,7
301	90		82,1	81,2	84,3	86,6	85,0	89,6	86,4	87,4	88,7	90,7
302	90		82,8	82,4	84,3	86,5	85,1	89,4	86,0	87,0	88,6	90,7
303	90		81,2	82,6	84,0	86,6	85,2	89,4	86,3	87,1	88,7	90,7
304	90		81,6	82,9	84,4	86,2	85,3	89,6	86,4	87,1	88,6	90,6
305	90		81,6	82,8	84,4	86,1	85,5	89,8	86,1	87,1	88,6	90,6
306	90		81,7	82,0	84,3	85,9	85,7	89,8	86,2	87,2	88,6	90,5
307	90		82,1	82,2	84,6	86,5	85,6	89,7	86,0	87,0	88,7	90,5
308	90		81,6	82,8	84,6	86,6	85,4	89,5	86,0	87,3	88,7	90,6
309	90		81,5	82,9	84,8	86,3	85,4	89,3	85,9	87,2	88,6	90,6
310	90		81,7	82,9	84,2	86,7	85,4	89,2	86,0	87,3	88,7	90,7
311	90		81,5	83,0	84,2	86,9	85,5	89,3	86,3	87,2	89,0	90,6
312	90		81,8	83,1	83,8	86,5	85,7	89,5	86,0	87,3	89,0	90,6
313	90		81,9	83,1	84,0	86,3	85,7	89,6	86,3	87,4	88,8	90,6
314	90		81,7	83,3	83,9	86,7	85,9	89,5	85,9	87,3	88,8	90,6
315	90		80,7	83,2	83,7	86,0	85,9	89,5	86,1	87,3	88,9	90,5
316	90		81,7	83,0	84,0	86,1	86,0	89,3	86,2	87,4	88,8	90,6
317	90		81,8	82,7	84,0	86,2	85,7	89,6	86,4	87,2	88,7	90,7
318	90		81,0	82,6	84,4	86,5	85,5	89,7	86,3	87,2	88,7	90,7
319	90		81,9	82,7	84,4	86,1	85,1	89,6	86,3	87,0	88,8	90,6
320	90		81,3	82,8	84,7	86,5	85,1	89,9	86,2	87,1	88,9	90,7
321	90	81,4	82,8	84,4	86,6	85,3	89,7	86,4	87,1	88,8	90,5	
322	90	81,2	82,8	84,4	87,1	85,6	89,5	86,1	87,1	88,8	90,7	
323	90	82,4	82,4	84,3	86,7	85,6	89,8	86,2	87,1	88,9	90,6	
324	90	81,3	81,9	84,2	86,7	85,4	89,5	86,3	87,2	88,8	90,7	

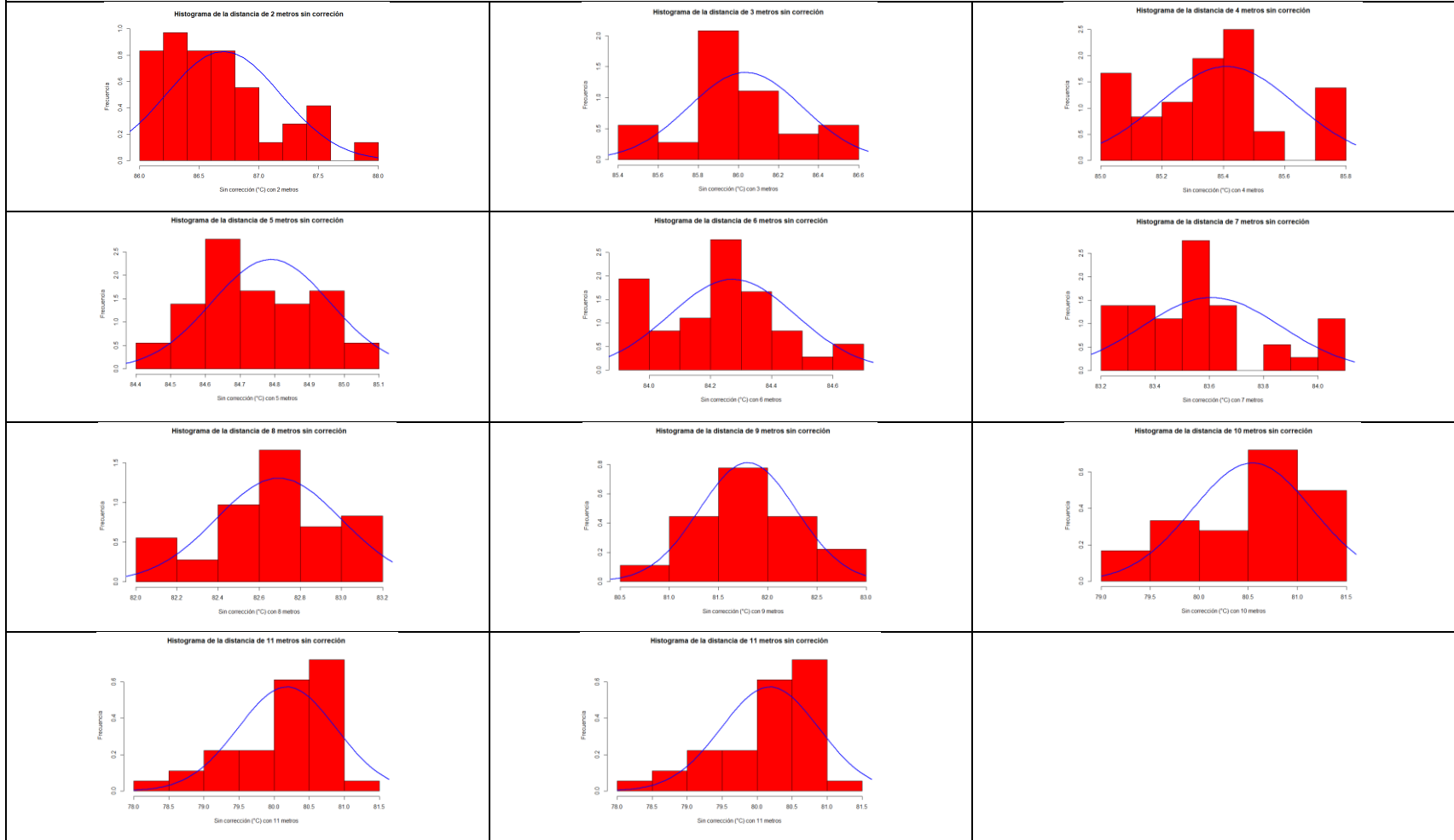
DATOS DE TEMPERATURAS A DIEZ METROS DE DISTANCIA												
N°	Temperatura Real (°C)	Distancia	SATIR HOTFIND-VR (160x120)		SATIR HOTFIND-S (384x288)		SATIR D-600 (640x480)		SATIR D-600 (640x480) lente de 12°		SATIR D-600 (640x480) Lente de 48°	
			Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)
325	90	10 metro	80,0	80,5	82,7	86	85,2	89,5	85,0	86,2	88,8	90,7
326	90		80,4	81,5	82,9	85,6	85,5	89,4	85,2	86,3	88,9	90,8
327	90		80,7	81,0	82,8	85,7	85,4	89,4	85,4	86,1	88,8	90,7
328	90		81,1	81,0	82,0	86,1	85,2	89,6	85,0	86,0	88,9	90,5
329	90		81,2	81,1	83,1	86,3	85,1	89,7	85,3	86,4	88,8	90,7
330	90		81,1	81,0	83,1	86,1	84,8	89,4	85,5	86,7	88,9	90,7
331	90		81,3	81,1	82,4	86,1	85,0	89,2	85,5	86,3	88,9	90,6
332	90		80,6	80,5	83,1	85,7	84,8	89,3	85,7	86,3	88,8	90,6
333	90		80,0	81,4	82,9	84,9	84,9	89,5	85,7	86,6	88,7	90,5
334	90		80,1	81,0	83,6	85,7	85,1	89,6	85,4	86,2	88,9	90,4
335	90		79,2	81,2	82,1	85,6	85,1	89,9	85,3	86,8	88,9	90,8
336	90		79,6	80,4	82,9	86,1	85,2	89,5	85,4	86,3	88,9	90,8
337	90		80,8	81,1	82,0	86,3	85,1	89,3	85,7	86,3	88,8	90,8
338	90		80,8	81,0	83,0	86,4	84,9	89,6	85,4	86,8	88,7	90,8
339	90		79,5	81,5	82,9	85,8	84,9	89,8	85,4	87,1	88,9	90,8
340	90		80,4	80,4	82,8	85,0	85,1	89,7	85,6	86,8	88,7	90,8
341	90		81,2	81,1	83,2	85,3	85,2	89,6	85,7	86,5	88,9	90,4
342	90		80,8	80,9	83,2	84,9	85,0	89,4	85,3	86,4	88,7	90,5
343	90		81,3	81,0	82,0	85,7	84,9	89,5	85,8	86,4	88,8	90,6
344	90		81,1	81,8	82,4	84,8	84,9	89,4	86,1	86,1	88,9	90,6
345	90		80,5	81,4	82,3	86,0	85,0	89,7	86,2	86,6	88,9	90,6
346	90		79,9	81,2	83,2	86,0	85,2	89,5	85,9	86,6	88,8	90,4
347	90		81,4	80,5	82,9	86,4	85,3	89,4	86,2	86,5	88,9	90,4
348	90		80,6	81,7	82,8	86,0	85,2	89,2	86,0	86,0	88,7	90,5
349	90		81,1	81,3	82,1	85,6	85,1	89,6	86,3	86,1	88,6	90,5
350	90		81,0	81,0	82,9	85,8	84,9	89,4	85,2	86,8	88,6	90,6
351	90		79,2	81,8	82,6	85,9	84,7	89,4	85,4	86,5	88,6	90,5
352	90		79,7	80,9	83,2	84,8	84,7	89,3	85,2	86,5	88,6	90,5
353	90		80,8	81,5	82,4	85,6	84,9	89,9	85,2	86,2	88,8	90,5
354	90		79,7	81,5	82,7	84,9	85,2	89,7	85,6	86,8	88,8	90,6
355	90		80,8	80,9	83,1	85,1	85,3	89,9	85,4	86,8	88,9	90,5
356	90		80,6	81,3	83,6	85,3	85,2	89,8	85,4	86,2	88,9	90,5
357	90		80,7	81,1	83,5	85,1	85,0	89,8	85,4	86,7	88,8	90,4
358	90		81,0	80,4	83,4	86,2	84,7	89,8	85,4	86,7	88,7	90,5
359	90		80,4	81,8	83,6	85,3	84,4	89,6	85,5	86,8	88,8	90,5
360	90		80,9	80,8	83,4	85,3	84,8	89,6	85,6	86,5	88,7	90,5

DATOS DE TEMPERATURAS A ONCE METROS DE DISTANCIA												
N°	Temperatura Real (°C)	Distancia	SATIR HOTFIND-VR (160x120)		SATIR HOTFIND-S (384x288)		SATIR D-600 (640x480)		SATIR D-600 (640x480) lente de 12°		SATIR D-600 (640x480) Lente de 48°	
			Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)
361	90	11 metro	79,5	80,8	81,6	84,6	84,9	89,6	84,5	85,1	88,7	90,5
362	90		79,3	80,2	82,6	84,7	84,9	89,6	84,6	85,1	88,5	90,6
363	90		80,3	81,0	82,2	84,3	84,8	89,6	84,1	85,8	88,6	90,7
364	90		80,6	80,2	82,8	85,1	85,3	89,5	84,8	85,2	88,5	90,7
365	90		80,8	80,6	82,7	85,4	85,0	89,4	84,1	85,9	88,4	90,5
366	90		80,6	79,8	82,9	85,1	85,1	89,8	84,5	85,9	88,5	90,5
367	90		80,2	81,4	82,2	85,8	85,3	89,8	84,7	85,2	88,7	90,7
368	90		79,5	80,5	82,0	84,4	84,9	89,7	85,0	85,4	88,9	90,5
369	90		80,1	81,2	82,1	85,6	84,9	89,6	84,6	85,8	88,7	90,7
370	90		80,6	80,9	82,4	85,0	85,0	89,5	84,5	85,6	88,9	90,4
371	90		79,1	81,4	82,2	84,4	85,4	89,8	84,6	85,1	88,8	90,5
372	90		80,8	80,3	81,7	84,3	85,6	89,8	84,4	85,3	88,9	90,6
373	90		80,2	81,7	82,6	85,3	85,6	89,9	84,5	85,1	88,9	90,7
374	90		78,1	81,9	83,0	85,2	84,7	89,6	84,2	85,9	88,8	90,6
375	90		78,9	81,1	82,3	84,8	84,4	89,7	84,7	85,7	88,8	90,5
376	90		80,5	81,6	83,0	85,5	84,5	89,7	84,4	85,7	88,8	90,4
377	90		80,2	80,5	82,5	85,5	85,4	89,8	84,4	85,1	88,9	90,5
378	90		80,3	81,3	82,9	84,2	84,9	89,6	84,2	85,4	88,9	90,4
379	90		80,9	81,3	82,2	85,4	84,9	89,5	84,0	85,8	88,9	90,4
380	90		80,5	81,0	83,7	84,1	85,0	89,3	84,0	85,6	88,7	90,5
381	90		80,0	81,3	81,6	85,3	85,3	89,5	85,0	85,7	88,7	90,6
382	90		79,8	81,3	82,4	84,8	85,3	89,7	84,8	85,3	88,8	90,5
383	90		80,1	81,5	83,3	86,0	85,2	89,7	84,7	85,5	88,8	90,4
384	90		80,7	81,3	83,1	85,2	85,2	89,6	84,1	85,2	88,5	90,4
385	90		80,9	80,6	82,4	85,4	85,0	89,6	84,9	85,4	88,5	90,5
386	90		81,2	80,8	82,5	85,5	85,0	89,5	84,5	85,4	88,5	90,6
387	90		80,8	80,0	82,8	84,6	84,8	89,3	84,0	85,4	88,6	90,7
388	90		80,1	79,3	83,0	85,6	84,7	89,9	84,1	85,5	88,5	90,5
389	90		80,0	80,5	83,2	85,3	85,0	89,9	84,5	85,8	88,5	90,5
390	90		78,7	80,0	82,5	84,9	85,4	89,9	84,3	85,2	88,5	90,5
391	90		80,9	80,0	83,1	85,6	85,3	89,6	85,0	86,0	88,5	90,4
392	90		80,2	80,6	82,9	85,5	85,2	89,3	84,6	85,4	88,5	90,5
393	90		80,9	79,7	82,1	85,4	85,2	89,1	84,7	85,3	88,5	90,5
394	90		80,6	79,1	83,1	84,7	85,1	89,4	84,3	85,1	88,5	90,5
395	90		80,0	80,2	83,1	86,0	85,0	89,7	84,5	85,5	88,5	90,5
396	90		80,7	79,4	82,6	85,7	85,1	89,7	85,0	86,0	88,7	90,5

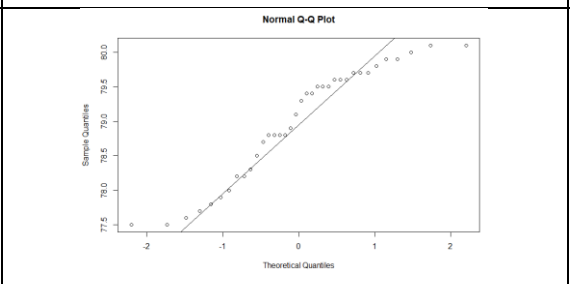
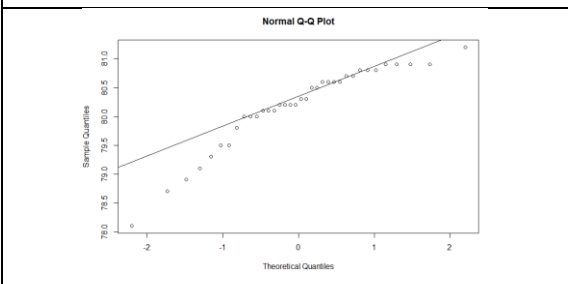
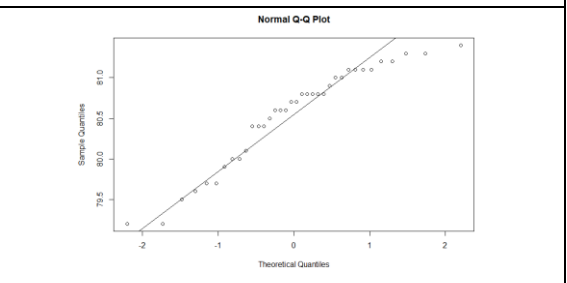
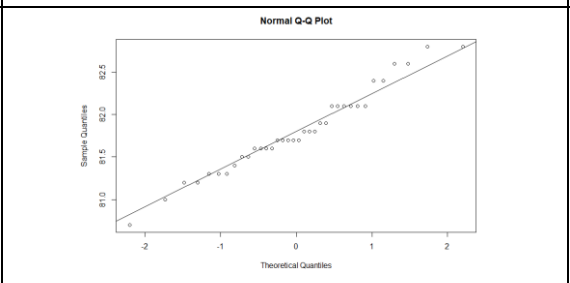
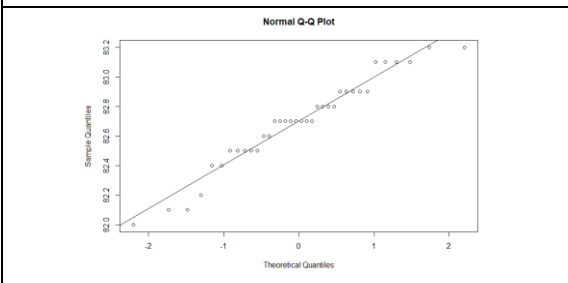
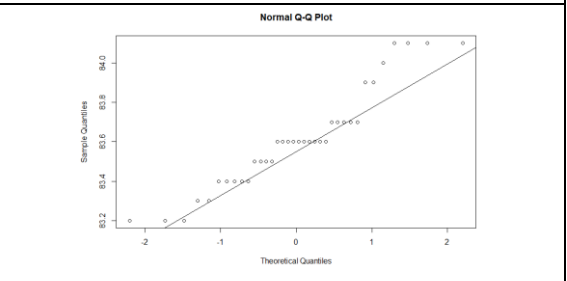
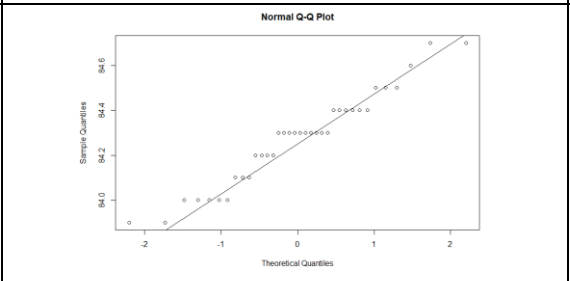
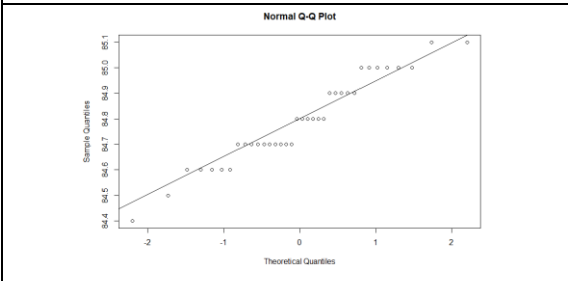
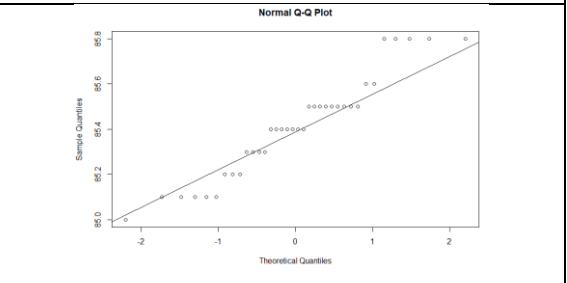
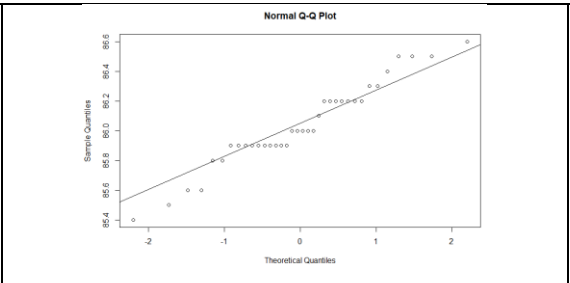
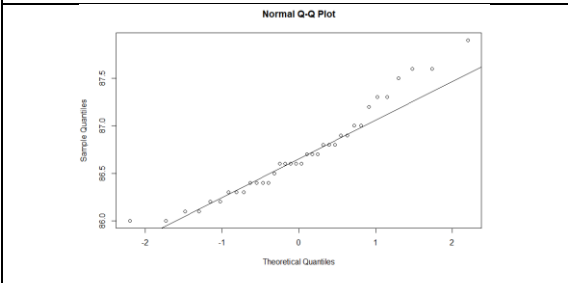
DATOS DE TEMPERATURAS A DOCE METROS DE DISTANCIA												
N°	Temperatura Real (°C)	Distancia	SATIR HOTFIND-VR (160x120)		SATIR HOTFIND-S (384x288)		SATIR D-600 (640x480)		SATIR D-600 (640x480) lente de 12°		SATIR D-600 (640x480) Lente de 48°	
			Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Sin corrección (°C)	Con corrección (°C)	Con corrección
397	90	12 metro	78,9	79,0	80,5	84,8	84,5	89,1	82,2	84,4	88,3	90,6
398	90		78,8	80,7	79,4	83,8	84,2	89,2	82,3	84,8	88,4	90,6
399	90		77,8	80,1	79,4	83,8	84,5	89,4	82,2	84,8	88,7	90,5
400	90		80,0	80,6	81,0	84,1	84,8	89,3	82,9	84,9	88,6	90,5
401	90		78,5	79,9	81,6	83,9	84,4	89,7	82,3	84,3	88,7	90,6
402	90		77,9	80,7	80,2	84,2	83,9	89,6	83,3	84,8	88,7	90,6
403	90		77,6	80,3	81,1	84,0	83,9	89,8	82,2	84,7	88,6	90,6
404	90		78,7	79,6	81,4	85,1	83,9	89,3	82,8	84,8	88,6	90,6
405	90		79,7	78,9	81,1	83,6	84,0	89,6	82,5	84,6	88,6	90,6
406	90		79,4	80,6	80,4	84,8	84,3	89,4	82,4	84,9	88,5	90,5
407	90		79,1	78,7	80,0	84,8	84,4	89,6	82,2	84,1	88,4	90,6
408	90		77,5	80,0	81,0	83,5	84,3	89,4	83,8	84,2	88,5	90,6
409	90		79,6	78,2	80,3	84,0	84,2	89,3	83,3	84,3	88,5	90,6
410	90		78,2	79,6	81,8	83,7	84,0	89,0	83,1	84,8	88,5	90,6
411	90		78,3	78,9	80,5	84,6	83,6	89,9	83,6	84,6	88,6	90,6
412	90		79,5	79,4	80,0	84,0	83,5	89,7	83,2	84,1	88,4	90,5
413	90		79,7	79,9	80,2	83,6	84,4	89,7	82,9	84,9	88,4	90,5
414	90		79,5	80,6	80,8	84,0	84,7	89,9	83,3	84,6	88,3	90,6
415	90		79,5	78,4	80,6	83,5	84,9	89,9	82,7	84,4	88,3	90,5
416	90		78,8	80,2	79,5	83,9	84,2	89,9	83,4	84,8	88,2	90,6
417	90		77,5	78,0	81,1	83,6	84,0	89,7	82,2	84,7	88,2	90,6
418	90		80,1	78,0	81,3	83,6	84,1	89,8	83,6	84,0	88,2	90,5
419	90		79,3	79,9	81,4	84,0	84,1	89,6	83,6	84,1	88,3	90,4
420	90		79,8	79,0	81,6	84,1	83,3	89,8	83,1	84,1	88,4	90,6
421	90		79,6	79,9	81,2	84,5	84,0	89,6	83,0	84,7	88,4	90,6
422	90		79,4	78,0	81,4	83,3	83,7	89,9	83,7	84,2	88,3	90,5
423	90		78,8	78,9	81,5	84,1	83,4	89,7	83,3	84,9	88,3	90,5
424	90		78,0	78,7	80,1	85,0	83,4	89,7	82,8	84,8	88,4	90,6
425	90		79,6	78,0	80,8	84,1	83,7	89,9	82,6	84,8	88,2	90,5
426	90		79,9	80,2	81,1	83,9	83,4	89,9	83,7	84,6	88,3	90,6
427	90		78,8	80,5	80,6	84,1	84,3	89,8	83,0	84,1	88,4	90,6
428	90		77,7	80,3	80,9	84,4	84,4	89,8	83,6	85,0	88,3	90,7
429	90	79,7	80,4	81,2	84,6	84,3	89,3	83,2	84,0	88,4	90,6	
430	90	78,2	79,2	80,5	84,6	84,1	89,5	83,3	84,1	88,4	90,7	
431	90	80,1	80,1	79,8	83,2	84,2	89,8	83,2	84,1	88,4	90,6	
432	90	79,9	78,2	80,3	84,2	84,5	89,6	83,7	84,8	88,6	90,8	

ANEXO K: HISTOGRAMAS CON Y SIN CORRECCIÓN DISTANCIA, DIAGRAMAS Q-Q

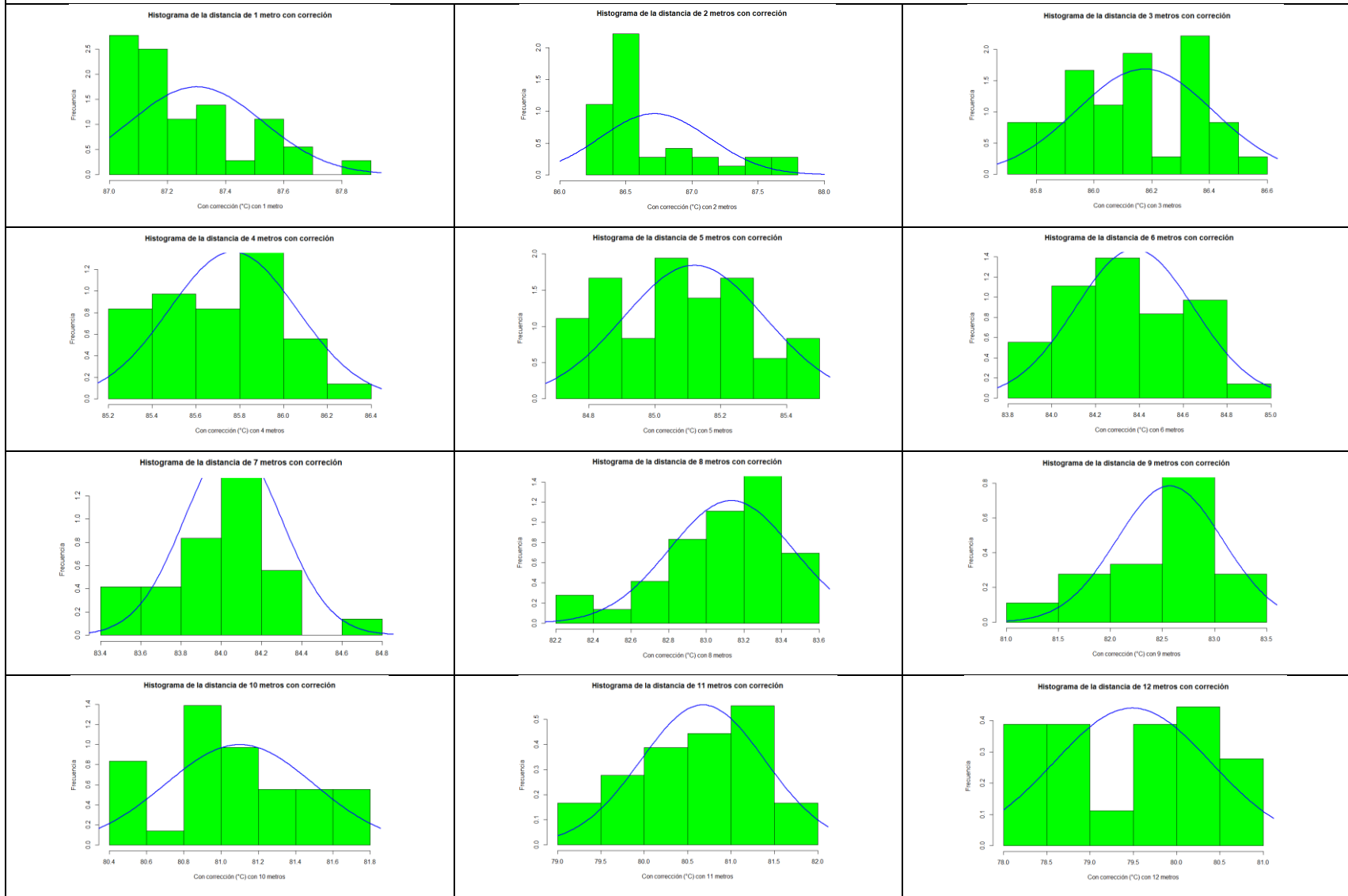
HISTOGRAMAS SIN CORRECCIÓN DE LA DISTANCIA DE LA CÁMARA SATIR HOTFIND VR



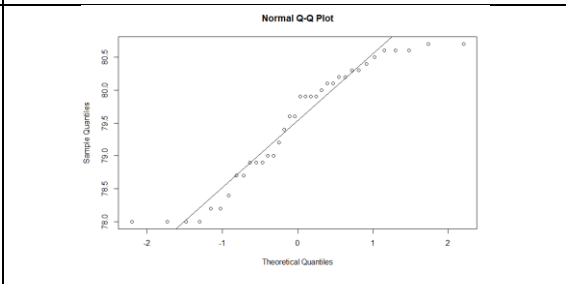
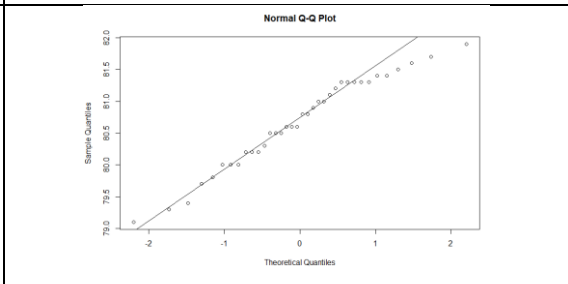
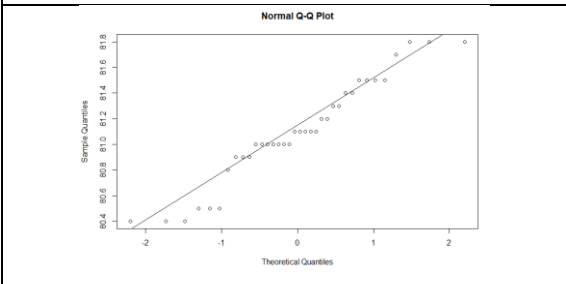
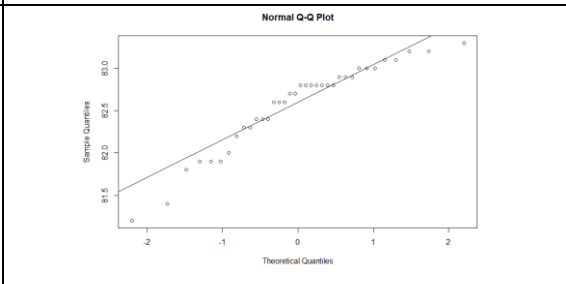
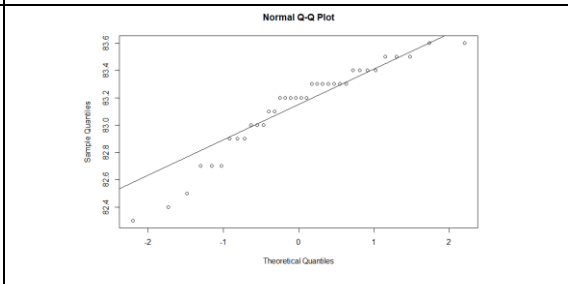
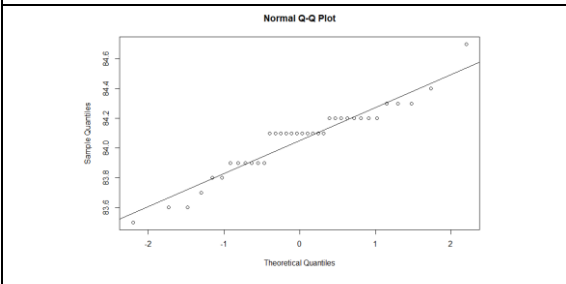
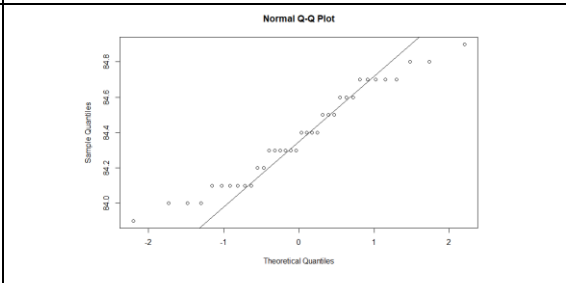
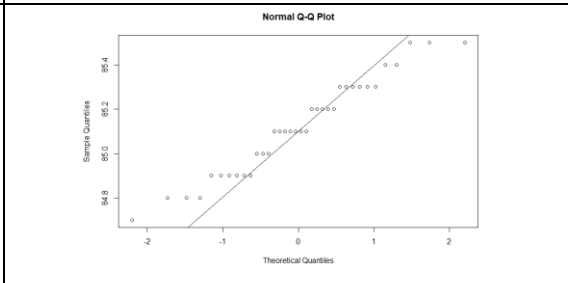
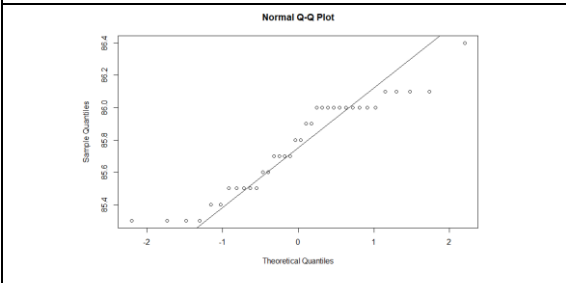
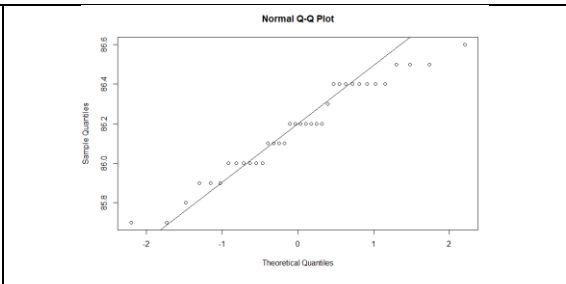
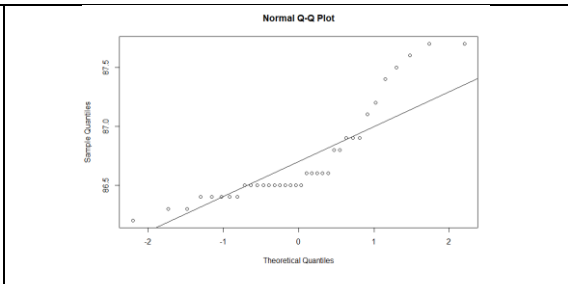
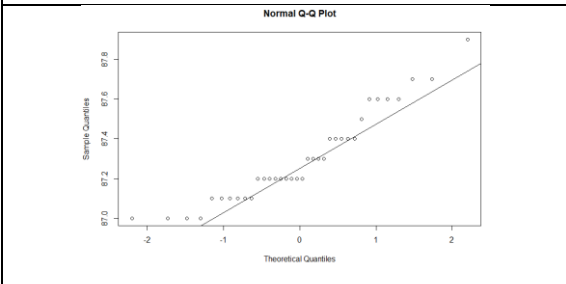
DIAGRAMAS Q-Q SIN CORRECCIÓN DE LA DISTANCIA DE LA CÁMARA SATIR HOTFIND VR



HISTOGRAMAS CON CORRECCIÓN DE LA DISTANCIA DE LA CÁMARA SATIR HOTFIND VR

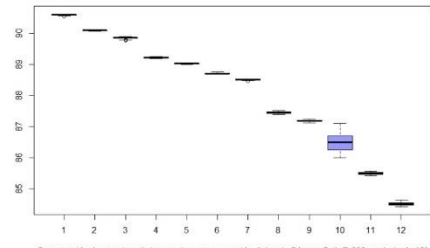
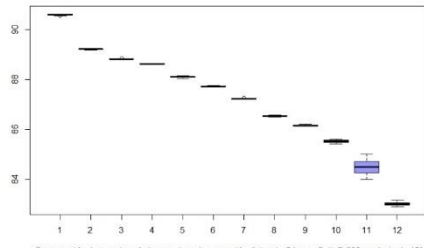


DIAGRAMAS Q-Q SIN CORRECCIÓN DE LA DISTANCIA DE LA CÁMARA SATIR HOTFIND VR



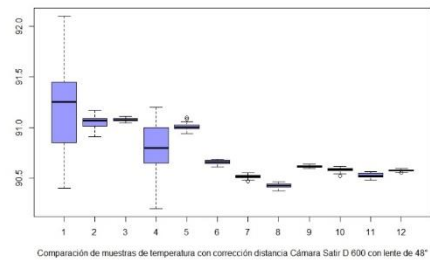
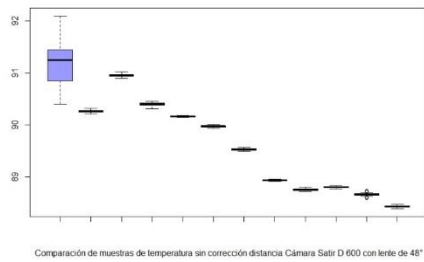
ANEXO L: DIAGRAMAS DE CAJA O BIGOTES DE LAS CÁMARAS TERMOGRÁFICAS

CÁMARA SATIR HOTFIND VR	
Sin corrección de la distancia	Con corrección de la distancia
<p>Comparación de muestras de temperatura sin corrección distancia Cámara Satir HotFind VR</p>	<p>Comparación de muestras de temperatura con corrección distancia Cámara Satir HotFind VR</p>
CÁMARA SATIR HOTFIND S	
Sin corrección de la distancia	Con corrección de la distancia
<p>Comparación de muestras de temperatura sin corrección distancia Cámara Satir S</p>	<p>Comparación de muestras de temperatura con corrección distancia Cámara Satir S</p>
CÁMARA SATIR D 600	
Sin corrección de la distancia	Con corrección de la distancia
<p>Comparación de muestras de temperatura sin corrección distancia Cámara Satir D 600</p>	<p>Comparación de muestras de temperatura con corrección distancia Cámara Satir D 600</p>
CÁMARA SATIR D 600 CON LENTE DE 12°	
Sin corrección de la distancia	Con corrección de la distancia



Sin corrección de la distancia

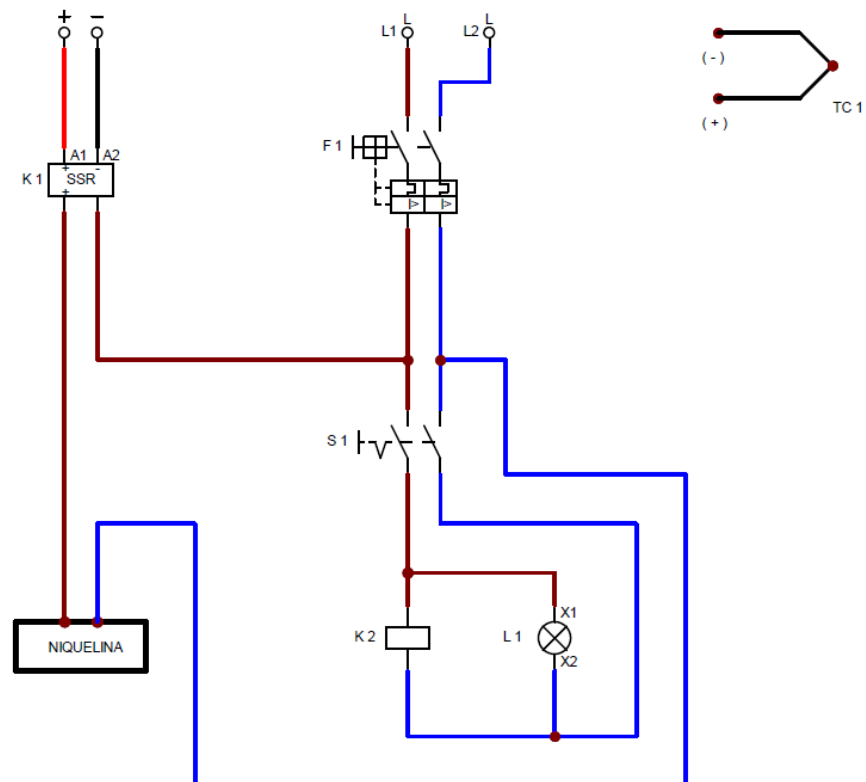
Con corrección de la distancia



ANEXO M: DATOS DE LAS MEDIANAS NORMALIZADOS DE LAS CÁMARAS TERMOGRÁFICAS

Cámara termográfica	Corrección distancia	Distancia (m)											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Satir HotFind-VR (160x120)	Sin	87,30	86,60	86,00	85,40	84,80	84,30	83,60	82,70	81,70	80,50	80,20	79,00
	Con	87,30	86,70	86,20	85,80	85,10	84,40	84,10	83,10	82,50	81,10	80,70	79,40
Cámara Satir HotFind-S (384x288)	Sin	88,70	88,10	87,70	86,70	86,40	86,10	85,80	84,90	84,20	82,90	82,60	80,80
	Con	88,70	88,60	88,20	87,80	87,70	87,80	87,30	87,00	86,50	85,70	85,20	84,00
Cámara Satir D-600 (640x480) pixeles sin corrección distancia	Sin	88,70	88,10	87,10	86,70	86,40	86,00	85,70	84,90	84,10	82,90	82,60	80,80
	Con	88,70	88,60	88,20	88,80	87,70	87,80	87,30	87,00	86,50	85,70	85,20	84,00
Cámara Satir D-600 (640x480) pixeles, con lente de	Sin	90,60	89,20	88,80	88,60	88,10	87,70	87,20	86,50	86,10	85,50	84,50	83,00
	Con	90,60	91,10	89,90	89,20	89,00	88,70	88,50	87,40	87,20	86,50	85,50	84,50
Cámara Satir D-600 (640x480) pixeles, con lente de 48	Sin	90,60	89,20	88,80	88,60	88,10	87,70	87,20	86,50	86,20	85,50	84,50	83,00
	Con	90,60	90,10	89,90	89,20	89,00	88,70	88,50	87,50	87,20	86,50	85,40	84,50

ANEXO N: DIAGRAMA DEL CONTROLADOR PID DE TEMPERATURA



ETIQUETA	DESCRIPCION	FUNCION
$\begin{matrix} + \\ \ominus \end{matrix}$	Fuente de 12 VDC corresponden a los terminales 1 y 2 del control de temperatura	Energiza al relé de estado sólido, depende del seteo en el control de temperatura
K 1	Relé de estado sólido alimentación DC salida AC	Conmuta la línea 1 y cierra el circuito para energizar la niquelina
$\begin{matrix} L \\ \ominus \end{matrix}$ $\begin{matrix} L \\ \ominus \end{matrix}$	Fuente de alimentación AC desde la RED	Energiza todo el sistema
F 1	Breaker de riel de 2 Polos	Protección para cortocircuito y sobrecorriente
S 1	Selector de 2 posiciones con dos bloques NA	Conmuta o secciona el circuito de control
K 2	Corresponde a los bornes 5 y 6 del control de temperatura	Energiza al controlador de temperatura
L 1	Luz piloto verde 220 VAC	Indica el encendido del control de temperatura
$\begin{matrix} \bullet \\ (-) \end{matrix}$ $\begin{matrix} \bullet \\ (+) \end{matrix}$	Corresponden a los bornes 10 y 11 respectivamente del control de temperatura	Permiten la conexión de la temperatura
TC1	Termocupla	Permite determinar la temperatura del proceso

ANEXO O: CÓDIGO EN SOFTWARE R STUDIO PARA EL ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE VARIABLES

Librerías

```
library(openxlsx)
library(readxl)
library(MASS)
library(modeest)
library(gmodels)
library(ggthemes)
library(tidyverse)
library(moments)
library(lubridate)
library(magrittr)
library(scales)
library(nortest)
```

Importación de la base de datos

```
temp <- read_excel("temp.xlsx")
attach(temp)
```

Visualización de los datos

```
View(temp)
```

Editar datos

```
fix(temp)
```

Nombre de las variables

```
names(temp)
```

Estructura de la base de datos

```
str(temp)
```

Estadísticos descriptivos básicos

```
summary(temp)
```

Creación de tabla para estadísticos descriptivos de la variable sin corrección (°C)

```
desc1 <- temp %>%
  summarize(
    tibble(
      Estadístico = c("Mínimo", "Cuartil Q1", "Mediana", "Cuartil Q3",
                    "Máximo", "Media", "Desviación E", "Varianza", "Total"),
      Valor = c(quantile(SinCo, c(0, 0.25, 0.5, 0.75, 1), na.rm = T),
               mean(SinCo, na.rm = T),
               sd(SinCo, na.rm = T),
               var(SinCo, na.rm = T),
               sum(SinCo, na.rm = T)
            )
    )
  )
```

```
)  
desc1
```

Histograma

```
{hist( SinCo, prob = TRUE, col = "yellow",  
      main = "Histograma de la Cámara termográfica SATIR HOTFIND-VR (160x120)"  
      ,xlab = "Sin corrección (°C)" ,ylab = "Frecuencia", ylim = c(0.0, 0.20), xlim = c(77, 89))  
x <- seq(55 , 100, length = 100)  
f <- dnorm(x, mean = mean(SinCo, na.rm = T), sd = sd(SinCo, na.rm = T))  
lines(x, f, col = "blue", lwd = 2)}
```

Normalidad

```
qqnorm(SinCo)  
qqline(SinCo)  
# Prueba de Kolmogorov Smirnov  
lillie.test(SinCo)
```

Creación de tabla para estadísticos descriptivos de la variable con corrección (°C)

```
desc2 <- temp %>%  
  summarize(  
    tibble(  
      Estadistico = c("Mínimo", "Cuartil Q1", "Mediana", "Cuartil Q3", "Máximo",  
                     "Media", "Desviación E", "Varianza", "Total"),  
      Valor = c(quantile(ConCo, c(0, 0.25, 0.5, 0.75, 1)),  
               mean(ConCo),  
               sd(ConCo),  
               var(ConCo),  
               sum(ConCo)  
    )  
  )  
  )  
  )  
desc2
```

Histograma

```
hist(ConCo, prob = TRUE, col = "deepskyblue", main = "Histograma de la Cámara  
      termográfica SATIR HOTFIND-VR (160x120) " ,xlab = "Con corrección (°C)",ylab = "Frecuencia")  
x <- seq(78, 89, length = 150)  
f <- dnorm(x, mean = mean(ConCo), sd = sd(ConCo))  
lines(x, f, col = "red", lwd = 2)
```

Normalidad

```
qqnorm(ConCo)  
qqline(ConCo)  
# Prueba de Kolmogorov Smirnov  
lillie.test(ConCo)
```

Variable sin corrección de la distancia

Estadísticos descriptivos

```
temp %>%
  group_by("Distancia" = factor(temp$Distancia, levels = c("1 metro", "2 metro", "3 metro",
    "4 metro", "5 metro", "6 metro",
    "7 metro", "8 metro", "9 metro",
    "10 metro", "11 metro", "12 metro"),
    labels = c("1 metro", "2 metro", "3 metro", "4 metro", "5 metro",
    "6 metro", "7 metro", "8 metro", "9 metro", "10 metro",
    "11 metro", "12 metro"))) %>%
  summarise(
    tibble(
      Estadisticos = c("Mínimo", "Cuartil Q1", "Mediana", "Cuartil Q3", "Máximo", "Media",
        "Desviación E", "Varianza", "Total"),
      Valor = c(quantile(SinCo, c(0, 0.25, 0.5, 0.75, 1), na.rm = T),
        round(mean(SinCo, na.rm = T), 2),
        round(sd(SinCo, na.rm = T), 2),
        round(var(SinCo, na.rm = T), 2),
        sum(length(SinCo), na.rm = T)
      )
    )
  ) %>%
  pivot_wider(., names_from = Estadisticos, values_from = Valor)
```

Histogramas

Metro 2

```
metro2 <- temp %>%
  dplyr::select(Distancia, SinCo) %>%
  filter(Distancia == "2 metro") %>%
  dplyr::select(SinCo)

{hist( metro2$SinCo, prob = TRUE, col = "red",
  main = "Histograma de la distancia de 2 metros sin corrección"
  ,xlab = "Sin corrección (°C) con 2 metros" ,ylab = "Frecuencia", xlim = c(85.9, 88.1))
x <- seq(76 , 88, length = 150)
f <- dnorm(x, mean = mean(metro2$SinCo, na.rm = T), sd = sd(metro2$SinCo, na.rm = T))
lines(x, f, col = "blue", lwd = 2)}
```

METRO 3

```
metro3 <- temp %>%
  dplyr::select(Distancia, SinCo) %>%
  filter(Distancia == "3 metro") %>%
  dplyr::select(SinCo)
```

```
{hist( metro3$SinCo, prob = TRUE, col = "red",
      main = "Histograma de la distancia de 3 metros sin corrección"
      ,xlab = "Sin corrección (°C) con 3 metros" ,ylab = "Frecuencia")
x <- seq(85 , 87, length = 150)
f <- dnorm(x, mean = mean(metro3$SinCo, na.rm = T), sd = sd(metro3$SinCo, na.rm = T))
lines(x, f, col = "blue", lwd = 2)}
```

Metro 4

```
metro4 <- temp %>%
  dplyr::select(Distancia, SinCo) %>%
  filter(Distancia == "4 metro") %>%
  dplyr::select(SinCo)
```

```
{hist( metro4$SinCo, prob = TRUE, col = "red",
      main = "Histograma de la distancia de 4 metros sin corrección"
      ,xlab = "Sin corrección (°C) con 4 metros" ,ylab = "Frecuencia")
x <- seq(84.5 , 86, length = 150)
f <- dnorm(x, mean = mean(metro4$SinCo, na.rm = T), sd = sd(metro4$SinCo, na.rm = T))
lines(x, f, col = "blue", lwd = 2)}
```

Metro 5

```
metro5 <- temp %>%
  dplyr::select(Distancia, SinCo) %>%
  filter(Distancia == "5 metro") %>%
  dplyr::select(SinCo)
```

```
{hist( metro5$SinCo, prob = TRUE, col = "red",
      main = "Histograma de la distancia de 5 metros sin corrección"
      ,xlab = "Sin corrección (°C) con 5 metros" ,ylab = "Frecuencia")
x <- seq(84 , 86, length = 150)
f <- dnorm(x, mean = mean(metro5$SinCo, na.rm = T), sd = sd(metro5$SinCo, na.rm = T))
lines(x, f, col = "blue", lwd = 2)}
```

Metro 6

```
metro6 <- temp %>%
  dplyr::select(Distancia, SinCo) %>%
  filter(Distancia == "6 metro") %>%
  dplyr::select(SinCo)
```

```
{hist( metro6$SinCo, prob = TRUE, col = "red",
      main = "Histograma de la distancia de 6 metros sin corrección"
      ,xlab = "Sin corrección (°C) con 6 metros" ,ylab = "Frecuencia")
x <- seq(83 , 85, length = 150)
f <- dnorm(x, mean = mean(metro6$SinCo, na.rm = T), sd = sd(metro6$SinCo, na.rm = T))
lines(x, f, col = "blue", lwd = 2)}
```

Metro 7

```
metro7 <- temp %>%
  dplyr::select(Distancia, SinCo) %>%
  filter(Distancia == "7 metro") %>%
  dplyr::select(SinCo)

{hist( metro7$SinCo, prob = TRUE, col = "red",
      main = "Histograma de la distancia de 7 metros sin corrección"
      ,xlab = "Sin corrección (°C) con 7 metros" ,ylab = "Frecuencia")
x <- seq(83 , 85, length = 150)
f <- dnorm(x, mean = mean(metro7$SinCo, na.rm = T), sd = sd(metro7$SinCo, na.rm = T))
lines(x, f, col = "blue", lwd = 2)}
```

Metro 8

```
metro8 <- temp %>%
  dplyr::select(Distancia, SinCo) %>%
  filter(Distancia == "8 metro") %>%
  dplyr::select(SinCo)

{hist( metro8$SinCo, prob = TRUE, col = "red",
      main = "Histograma de la distancia de 8 metros sin corrección"
      ,xlab = "Sin corrección (°C) con 8 metros" ,ylab = "Frecuencia")
x <- seq(81 , 86, length = 150)
f <- dnorm(x, mean = mean(metro8$SinCo, na.rm = T), sd = sd(metro8$SinCo, na.rm = T))
lines(x, f, col = "blue", lwd = 2)}
```

Metro 9

```
metro9 <- temp %>%
  dplyr::select(Distancia, SinCo) %>%
  filter(Distancia == "9 metro") %>%
  dplyr::select(SinCo)

{hist( metro9$SinCo, prob = TRUE, col = "red",
      main = "Histograma de la distancia de 9 metros sin corrección"
      ,xlab = "Sin corrección (°C) con 9 metros" ,ylab = "Frecuencia", ylim = c(0.0,0.9))
x <- seq(80 , 83.5, length = 150)
f <- dnorm(x, mean = mean(metro9$SinCo, na.rm = T), sd = sd(metro9$SinCo, na.rm = T))
lines(x, f, col = "blue", lwd = 2)}
```

Metro 10

```
metro10 <- temp %>%
  dplyr::select(Distancia, SinCo) %>%
  filter(Distancia == "10 metro") %>%
```

```
dplyr::select(SinCo)
```

```
{hist( metro10$SinCo, prob = TRUE, col = "red",  
      main = "Histograma de la distancia de 10 metros sin corrección"  
      ,xlab = "Sin corrección (°C) con 10 metros" ,ylab = "Frecuencia")  
x <- seq(78.5 , 82, length = 150)  
f <- dnorm(x, mean = mean(metro10$SinCo, na.rm = T), sd = sd(metro10$SinCo, na.rm = T))  
lines(x, f, col = "blue", lwd = 2)}
```

Metro 11

```
metro11 <- temp %>%  
  dplyr::select(Distancia, SinCo) %>%  
  filter(Distancia == "11 metro") %>%  
  dplyr::select(SinCo)
```

```
{hist( metro11$SinCo, prob = TRUE, col = "red",  
      main = "Histograma de la distancia de 11 metros sin corrección"  
      ,xlab = "Sin corrección (°C) con 11 metros" ,ylab = "Frecuencia")  
x <- seq(77.5 , 82, length = 150)  
f <- dnorm(x, mean = mean(metro11$SinCo, na.rm = T), sd = sd(metro11$SinCo, na.rm = T))  
lines(x, f, col = "blue", lwd = 2)}
```

Metro 12

```
metro12 <- temp %>%  
  dplyr::select(Distancia, SinCo) %>%  
  filter(Distancia == "12 metro") %>%  
  dplyr::select(SinCo)
```

```
{hist( metro12$SinCo, prob = TRUE, col = "red",  
      main = "Histograma de la distancia de 12 metros sin corrección"  
      ,xlab = "Sin corrección (°C) con 12 metros" ,ylab = "Frecuencia")  
x <- seq(77 , 81, length = 150)  
f <- dnorm(x, mean = mean(metro12$SinCo, na.rm = T), sd = sd(metro12$SinCo, na.rm = T))  
lines(x, f, col = "blue", lwd = 2)}
```

Diagrama Q-Q

Metro 2

```
qqnorm(metro2$SinCo)  
qqline(metro2$SinCo)
```

Metro 3

```
qqnorm(metro3$SinCo)  
qqline(metro3$SinCo)
```

Metro 4

qqnorm(metro4\$SinCo)

qqline(metro4\$SinCo)

Metro 5

qqnorm(metro5\$SinCo)

qqline(metro5\$SinCo)

Metro 6

qqnorm(metro6\$SinCo)

qqline(metro6\$SinCo)

Metro 7

qqnorm(metro7\$SinCo)

qqline(metro7\$SinCo)

Metro 8

qqnorm(metro8\$SinCo)

qqline(metro8\$SinCo)

Metro 9

qqnorm(metro9\$SinCo)

qqline(metro9\$SinCo)

Metro 10

qqnorm(metro10\$SinCo)

qqline(metro10\$SinCo)

Metro 11

qqnorm(metro11\$SinCo)

qqline(metro11\$SinCo)

Metro 12

qqnorm(metro12\$SinCo)

qqline(metro12\$SinCo)

#--- CONCLUSIÓN---#

Prueba de normalidad

Prueba de Shapiro-Wilk

Metro 2

Hipotesis

H0: La variable Sin corrección (°C) a distancia de dos metros se ajusta a una distribución normal

H1: La variable Sin corrección (°C) a distancia de dos metros no se ajusta a una distribución normal

Nivel de significancia

alpha = 0,05 --- 95%

shapiro.test(metro2\$SinCo)

#--- CONCLUSIÓN---#

Dado que el valor de p-valor es de 0.0861 es decir mayor que 0.05 se puede concluir que se no rechaza la hipótesis nula entonces la muestra datos de la variable Sin corrección (°C) a dos metros de distancia se ajusta a una distribución normal con un nivel de confianza del 95%.

Metro 3

Hipotesis

H0: La variable Sin corrección (°C) a distancia de 3 metros se ajusta a una distribución normal

H1: La variable Sin corrección (°C) a distancia de 3 metros no se ajusta a una distribución normal

Nivel de significancia

alpha = 0,05 --- 95%

shapiro.test(metro3\$SinCo)

#--- CONCLUSIÓN---#

Dado que el valor de p-valor es de 0.1958 es decir mayor que 0.05 se puede concluir que no se rechaza la hipótesis nula entonces la muestra datos de la variable Sin corrección (°C) a 3 metros de distancia se ajusta a una distribución normal con un nivel de confianza del 95%.

Metro 4

Hipotesis

H0: La variable Sin corrección (°C) a distancia de 4 metros se ajusta a una distribución normal

H1: La variable Sin corrección (°C) a distancia de 4 metros no se ajusta a una distribución normal

Nivel de significancia

alpha = 0,05 --- 95%

shapiro.test(metro4\$SinCo)

-#--- CONCLUSIÓN---#

Dado que el valor de p-valor es de 0.03666 es decir menor que 0.05 se puede concluir que se rechaza la hipótesis nula entonces la muestra datos de la variable Sin corrección (°C) a 4 metros de distancia no se ajusta a una distribución normal con un nivel de confianza del 95%.

Metro 5

Hipotesis

H0 : La variable Sin corrección (°C) a distancia de 5 metros se ajusta a una distribución normal

H1 : La variable Sin corrección (°C) a distancia de 5 metros no se ajusta a una distribución normal

Nivel de significancia

alpha = 0,05 --- 95%

```
shapiro.test(metro5$SinCo)
shapiro.test(metro5$SinCo)
```

```
#--- CONCLUSIÓN---#
```

```
### Dado que el valor de p-valor es de 0.1263 es decir mayor que 0.05 se puede concluir que no se rechaza la hipótesis nula entonces la muestra datos de la variable Sin corrección (°C) a 5 metros de distancia se ajusta a una distribución normal con un nivel de confianza del 95%.
```

```
# Metro 6
```

```
# Hipotesis
```

```
# H0: La variable Sin corrección (°C) a distancia de 6 metros se ajusta a una distribución normal
```

```
# H1: La variable Sin corrección (°C) a distancia de 6 metros no se ajusta a una distribución normal
```

```
# Nivel de significancia
```

```
# alpha = 0,05 --- 95%
```

```
shapiro.test(metro6$SinCo)
```

```
#--- CONCLUSIÓN---#
```

```
### Dado que el valor de p-valor es de 0.1596 es decir mayor que 0.05 se puede concluir que no se rechaza la hipótesis nula entonces la muestra datos de la variable Sin corrección (°C) a 6 metros de distancia se ajusta a una distribución normal con un nivel de confianza del 95%.
```

```
# Metro 7
```

```
# Hipotesis
```

```
# H0: La variable Sin corrección (°C) a distancia de 7 metros se ajusta a una distribución normal
```

```
# H1: La variable Sin corrección (°C) a distancia de 7 metros no se ajusta a una distribución normal
```

```
# Nivel de significancia
```

```
# alpha = 0,05 --- 95%
```

```
shapiro.test(metro7$SinCo)
```

```
#--- CONCLUSIÓN---#
```

```
### Dado que el valor de p-valor es de 0.01635 es decir menor que 0.05 se puede concluir que se rechaza la hipótesis nula entonces la muestra datos de la variable Sin corrección (°C) a 7 metros de distancia no se ajusta a una distribución normal con un nivel de confianza del 95%.
```

```
# Metro 8
```

```
# Hipotesis
```

```
# H0: La variable Sin corrección (°C) a distancia de 8 metros se ajusta a una distribución normal
```

```
# H1: La variable Sin corrección (°C) a distancia de 8 metros no se ajusta a una distribución normal
```

```
# Nivel de significancia
```

```
# alpha = 0,05 --- 95%
```

```
shapiro.test(metro8$SinCo)
```

#--- CONCLUSIÓN---#

Dado que el valor de p-valor es de 0.1523 es decir mayor que 0.05 se puede concluir que no se rechaza la hipótesis nula entonces la muestra datos de la variable Sin corrección (°C) a 8 metros de distancia se ajusta a una distribución normal con un nivel de confianza del 95%.

Metro 9

Hipotesis

H0: La variable Sin corrección (°C) a distancia de 9 metros se ajusta a una distribución normal

H1: La variable Sin corrección (°C) a distancia de 9 metros no se ajusta a una distribución normal

Nivel de significancia

alpha = 0,05 --- 95%

shapiro.test(metro9\$SinCo)

#--- CONCLUSIÓN---#

Dado que el valor de p-valor es de 0.5286 es decir mayor que 0.05 se puede concluir que no se rechaza la hipótesis nula entonces la muestra datos de la variable Sin corrección (°C) a 9 metros de distancia se ajusta a una distribución normal con un nivel de confianza del 95%.

Metro 10

Hipotesis

H0: La variable Sin corrección (°C) a distancia de 10 metros se ajusta a una distribución normal

H1: La variable Sin corrección (°C) a distancia de 10 metros no se ajusta a una distribución normal

Nivel de significancia

alpha = 0,05 --- 95%

shapiro.test(metro10\$SinCo)

#--- CONCLUSIÓN---#

Dado que el valor de p-valor es de 0.0158 es decir menor que 0.05 se puede concluir que se rechaza la hipótesis nula entonces la muestra datos de la variable Sin corrección (°C) a 10 metros de distancia no se ajusta a una distribución normal con un nivel de confianza del 95%.

Metro 11

Hipotesis

H0: La variable Sin corrección (°C) a distancia de 11 metros se ajusta a una distribución normal

H1: La variable Sin corrección (°C) a distancia de 11 metros no se ajusta a una distribución normal

Nivel de significancia

alpha = 0,05 --- 95%

shapiro.test(metro11\$SinCo)

```
#--- CONCLUSIÓN---#
```

```
### Dado que el valor de p-valor es de 0.004102 es decir menor que 0.05 se puede concluir que se rechaza la hipótesis nula entonces la muestra datos de la variable Sin corrección (°C) a 11 metros de distancia no se ajusta a una distribución normal con un nivel de confianza del 95%.
```

```
# Metro 12
```

```
# Hipotesis
```

```
# H0: La variable Sin corrección (°C) a distancia de 12 metros se ajusta a una distribución normal
```

```
# H1: La variable Sin corrección (°C) a distancia de 12 metros no se ajusta a una distribución normal
```

```
# Nivel de significancia
```

```
# alpha = 0,05 --- 95%
```

```
shapiro.test(metro12$SinCo)
```

```
#--- CONCLUSIÓN---#
```

```
### Dado que el valor de p-valor es de 0.01129 es decir menor que 0.05 se puede concluir que se rechaza la hipótesis nula entonces la muestra datos de la variable Sin corrección (°C) a 12 metros de distancia no se ajusta a una distribución normal con un nivel de confianza del 95%.
```

```
# Variable con corrección de la distancia
```

```
# Estadísticos descriptivos
```

```
temp %>%
```

```
group_by("Distancia" = factor(temp$Distancia, levels = c("1 metro", "2 metro", "3 metro",  
"4 metro", "5 metro", "6 metro",  
"7 metro", "8 metro", "9 metro",  
"10 metro", "11 metro", "12 metro"),  
labels = c("1 metro", "2 metro", "3 metro", "4 metro", "5 metro",  
"6 metro", "7 metro", "8 metro", "9 metro", "10 metro",  
"11 metro", "12 metro"))) %>%
```

```
summarise(
```

```
tibble(
```

```
Estadisticos = c("Mínimo", "Cuartil Q1", "Mediana", "Cuartil Q3", "Máximo", "Media",  
"Desviación E", "Varianza", "Total"),
```

```
Valor = c(quantile(ConCo, c(0, 0.25, 0.5, 0.75, 1)),
```

```
round(mean(ConCo), 2),
```

```
round(sd(ConCo), 2),
```

```
round(var(ConCo), 2),
```

```
sum(length(ConCo))
```

```
)
```

```
)
```

```
) %>%
```

```
pivot_wider(., names_from = Estadisticos, values_from = Valor)
```

Histogramas

Metro 1

```
metro1C <- temp %>%
  dplyr::select(Distancia, ConCo) %>%
  filter(Distancia == "1 metro") %>%
  dplyr::select(ConCo)

{hist( metro1C$ConCo, prob = TRUE, col = "green",
      main = "Histograma de la distancia de 1 metro con corrección"
      ,xlab = "Con corrección (°C) con 1 metro" ,ylab = "Frecuencia")
x <- seq(86.5 , 88, length = 150)
f <- dnorm(x, mean = mean(metro1C$ConCo), sd = sd(metro1C$ConCo))
lines(x, f, col = "blue", lwd = 2)}
```

Metro 2

```
metro2C <- temp %>%
  dplyr::select(Distancia, ConCo) %>%
  filter(Distancia == "2 metro") %>%
  dplyr::select(ConCo)

{hist( metro2C$ConCo, prob = TRUE, col = "green",
      main = "Histograma de la distancia de 2 metros con corrección"
      ,xlab = "Con corrección (°C) con 2 metros" ,ylab = "Frecuencia", xlim = c(86, 88))
x <- seq(85.5 , 88, length = 150)
f <- dnorm(x, mean = mean(metro2C$ConCo), sd = sd(metro2C$ConCo))
lines(x, f, col = "blue", lwd = 2)}
```

Metro 3

```
metro3C <- temp %>%
  dplyr::select(Distancia, ConCo) %>%
  filter(Distancia == "3 metro") %>%
  dplyr::select(ConCo)

{hist( metro3C$ConCo, prob = TRUE, col = "green",
      main = "Histograma de la distancia de 3 metros con corrección"
      ,xlab = "Con corrección (°C) con 3 metros" ,ylab = "Frecuencia")
x <- seq(82 , 87, length = 150)
f <- dnorm(x, mean = mean(metro3C$ConCo), sd = sd(metro3C$ConCo))
lines(x, f, col = "blue", lwd = 2)}
```

Metro 4

```
metro4C <- temp %>%
  dplyr::select(Distancia, ConCo) %>%
  filter(Distancia == "4 metro") %>%
```

```
dplyr::select(ConCo)
```

```
{hist( metro4C$ConCo, prob = TRUE, col = "green",  
      main = "Histograma de la distancia de 4 metros con corrección"  
      ,xlab = "Con corrección (°C) con 4 metros" ,ylab = "Frecuencia", ylim = c(0.0, 1.35))  
x <- seq(85 , 87, length = 150)  
f <- dnorm(x, mean = mean(metro4C$ConCo), sd = sd(metro4C$ConCo))  
lines(x, f, col = "blue", lwd = 2)}
```

Metro 5

```
metro5C <- temp %>%  
  dplyr::select(Distancia, ConCo) %>%  
  filter(Distancia == "5 metro") %>%  
  dplyr::select(ConCo)
```

```
{hist( metro5C$ConCo, prob = TRUE, col = "green",  
      main = "Histograma de la distancia de 5 metros con corrección"  
      ,xlab = "Con corrección (°C) con 5 metros" ,ylab = "Frecuencia")  
x <- seq(84 , 86, length = 150)  
f <- dnorm(x, mean = mean(metro5C$ConCo), sd = sd(metro5C$ConCo))  
lines(x, f, col = "blue", lwd = 2)}
```

Metro 6

```
metro6C <- temp %>%  
  dplyr::select(Distancia, ConCo) %>%  
  filter(Distancia == "6 metro") %>%  
  dplyr::select(ConCo)
```

```
{hist( metro6C$ConCo, prob = TRUE, col = "green",  
      main = "Histograma de la distancia de 6 metros con corrección"  
      ,xlab = "Con corrección (°C) con 6 metros" ,ylab = "Frecuencia", ylim = c(0.0, 1.5))  
x <- seq(83 , 86, length = 150)  
f <- dnorm(x, mean = mean(metro6C$ConCo), sd = sd(metro6C$ConCo))  
lines(x, f, col = "blue", lwd = 2)}
```

Metro 7

```
metro7C <- temp %>%  
  dplyr::select(Distancia, ConCo) %>%  
  filter(Distancia == "7 metro") %>%  
  dplyr::select(ConCo)
```

```
{hist( metro7C$ConCo, prob = TRUE, col = "green",  
      main = "Histograma de la distancia de 7 metros con corrección"  
      ,xlab = "Con corrección (°C) con 7 metros" ,ylab = "Frecuencia", ylim = c(0.0, 2.0))  
x <- seq(83 , 85, length = 150)
```

```
f <- dnorm(x, mean = mean(metro7C$ConCo), sd = sd(metro7C$ConCo))
lines(x, f, col = "blue", lwd = 2)}
```

Metro 8

```
metro8C <- temp %>%
  dplyr::select(Distancia, ConCo) %>%
  filter(Distancia == "8 metro") %>%
  dplyr::select(ConCo)

{hist( metro8C$ConCo, prob = TRUE, col = "green",
  main = "Histograma de la distancia de 8 metros con corrección"
  ,xlab = "Con corrección (°C) con 8 metros" ,ylab = "Frecuencia", ylim = c(0.0, 1.40))
x <- seq(82 , 84, length = 150)
f <- dnorm(x, mean = mean(metro8C$ConCo), sd = sd(metro8C$ConCo))
lines(x, f, col = "blue", lwd = 2)}
```

Metro 9

```
metro9C <- temp %>%
  dplyr::select(Distancia, ConCo) %>%
  filter(Distancia == "9 metro") %>%
  dplyr::select(ConCo)

{hist( metro9C$ConCo, prob = TRUE, col = "green",
  main = "Histograma de la distancia de 9 metros con corrección"
  ,xlab = "Con corrección (°C) con 9 metros" ,ylab = "Frecuencia", ylim = c(0.0, 0.8))
x <- seq(80 , 84, length = 150)
f <- dnorm(x, mean = mean(metro9C$ConCo), sd = sd(metro9C$ConCo))
lines(x, f, col = "blue", lwd = 2)}
```

Metro 10

```
metro10C <- temp %>%
  dplyr::select(Distancia, ConCo) %>%
  filter(Distancia == "10 metro") %>%
  dplyr::select(ConCo)

{hist( metro10C$ConCo, prob = TRUE, col = "green",
  main = "Histograma de la distancia de 10 metros con corrección"
  ,xlab = "Con corrección (°C) con 10 metros" ,ylab = "Frecuencia")
x <- seq(80 , 82, length = 150)
f <- dnorm(x, mean = mean(metro10C$ConCo), sd = sd(metro10C$ConCo))
lines(x, f, col = "blue", lwd = 2)}
```

Metro 11

```
metro11C <- temp %>%
  dplyr::select(Distancia, ConCo) %>%
  filter(Distancia == "11 metro") %>%
  dplyr::select(ConCo)

{hist( metro11C$ConCo, prob = TRUE, col = "green",
      main = "Histograma de la distancia de 11 metros con corrección"
      ,xlab = "Con corrección (°C) con 11 metros" ,ylab = "Frecuencia")
x <- seq(78.5 , 83, length = 150)
f <- dnorm(x, mean = mean(metro11C$ConCo), sd = sd(metro11C$ConCo))
lines(x, f, col = "blue", lwd = 2)}
```

Metro 12

```
metro12C <- temp %>%
  dplyr::select(Distancia, ConCo) %>%
  filter(Distancia == "12 metro") %>%
  dplyr::select(ConCo)

{hist( metro12C$ConCo, prob = TRUE, col = "green",
      main = "Histograma de la distancia de 12 metros con corrección"
      ,xlab = "Con corrección (°C) con 12 metros" ,ylab = "Frecuencia")
x <- seq(77.5 , 82, length = 150)
f <- dnorm(x, mean = mean(metro12C$ConCo), sd = sd(metro12C$ConCo))
lines(x, f, col = "blue", lwd = 2)}
```

Diagrama Q-Q

Metro 1

```
qqnorm(metro1C$ConCo)
qqline(metro1C$ConCo)
```

Metro 2

```
qqnorm(metro2C$ConCo)
qqline(metro2C$ConCo)
```

Metro 3

```
qqnorm(metro3C$ConCo)
qqline(metro3C$ConCo)
```

Metro 4

```
qqnorm(metro4C$ConCo)
qqline(metro4C$ConCo)
```

Metro 5

```
qqnorm(metro5C$ConCo)
```



```
qqline(metro5C$ConCo)
```

```
# Metro 6
```

```
qqnorm(metro6C$ConCo)
```

```
qqline(metro6C$ConCo)
```

```
# Metro 7
```

```
qqnorm(metro7C$ConCo)
```

```
qqline(metro7C$ConCo)
```

```
# Metro 8
```

```
qqnorm(metro8C$ConCo)
```

```
qqline(metro8C$ConCo)
```

```
# Metro 9
```

```
qqnorm(metro9C$ConCo)
```

```
qqline(metro9C$ConCo)
```

```
# Metro 10
```

```
qqnorm(metro10C$ConCo)
```

```
qqline(metro10C$ConCo)
```

```
# Metro 11
```

```
qqnorm(metro11C$ConCo)
```

```
qqline(metro11C$ConCo)
```

```
# Metro 12
```

```
qqnorm(metro12C$ConCo)
```

```
qqline(metro12C$ConCo)
```

```
# Prueba de normalidad
```

```
# Prueba de Shapiro-Wilk
```

```
# Metro 1
```

```
# Hipotesis
```

```
# H0: La variable Con corrección (°C) a distancia de un metro se ajusta a una distribución normal
```

```
# H1: La variable Con corrección (°C) a distancia de un metro no se ajusta a una distribución normal
```

```
# Nivel de significancia
```

```
# alpha = 0,05 --- 95%
```

```
shapiro.test(metro1C$ConCo)
```

#--- CONCLUSIÓN---#

Dado que el valor de p-valor es de 0.01342 es decir menor que 0.05 se puede concluir que se rechaza la hipótesis nula entonces la muestra datos de la variable Con corrección (°C) a dos metros de distancia no se ajusta a una distribución normal con un nivel de confianza del 95%.

Metro 2

Hipotesis

H0: La variable Con corrección (°C) a distancia de dos metros se ajusta a una distribución normal

H1: La variable Con corrección (°C) a distancia de dos metros no se ajusta a una distribución normal

Nivel de significancia

alpha = 0,05 --- 95%

shapiro.test(metro2C\$ConCo)

#--- CONCLUSIÓN---#

Dado que el valor de p-valor es de 3.32e-05 es decir menor que 0.05 se puede concluir que se rechaza la hipótesis nula entonces la muestra datos de la variable Con corrección (°C) a dos metros de distancia no se ajusta a una distribución normal con un nivel de confianza del 95%.

Metro 3

Hipotesis

H0: La variable Con corrección (°C) a distancia de 3 metros se ajusta a una distribución normal

H1: La variable Con corrección (°C) a distancia de 3 metros no se ajusta a una distribución normal

Nivel de significancia

alpha = 0,05 --- 95%

shapiro.test(metro3C\$ConCo)

#--- CONCLUSIÓN---#

Dado que el valor de p-valor es de 0.1385 es decir mayor que 0.05 se puede concluir que no se rechaza la hipótesis nula entonces la muestra datos de la variable Con corrección (°C) a 3 metros de distancia se ajusta a una distribución normal con un nivel de confianza del 95%.

Metro 4

Hipotesis

H0: La variable Con corrección (°C) a distancia de 4 metros se ajusta a una distribución normal

H1: La variable Con corrección (°C) a distancia de 4 metros no se ajusta a una distribución normal

Nivel de significancia

alpha = 0,05 --- 95%

shapiro.test(metro4C\$ConCo)

#--- CONCLUSIÓN---#

Dado que el valor de p-valor es de 0.01515 es decir menor que 0.05 se puede concluir que se rechaza la hipótesis nula entonces la muestra datos de la variable Con corrección (°C) a 4 metros de distancia no se ajusta a una distribución normal con un nivel de confianza del 95%.

Metro 5

Hipotesis

H0: La variable Con corrección (°C) a distancia de 5 metros se ajusta a una distribución normal

H1: La variable Con corrección (°C) a distancia de 5 metros no se ajusta a una distribución normal

Nivel de significancia

alpha = 0,05 --- 95%

shapiro.test(metro5C\$ConCo)

#--- CONCLUSIÓN---#

Dado que el valor de p-valor es de 0.2081 es decir mayor que 0.05 se puede concluir que no se rechaza la hipótesis nula entonces la muestra datos de la variable Con corrección (°C) a 5 metros de distancia se ajusta a una distribución normal con un nivel de confianza del 95%.

Metro 6

Hipotesis

H0: La variable Con corrección (°C) a distancia de 6 metros se ajusta a una distribución normal

H1: La variable Con corrección (°C) a distancia de 6 metros no se ajusta a una distribución normal

Nivel de significancia

alpha = 0,05 --- 95%

shapiro.test(metro6C\$ConCo)

#--- CONCLUSIÓN---#

Dado que el valor de p-valor es de 0.1469 es decir mayor que 0.05 se puede concluir que no se rechaza la hipótesis nula entonces la muestra datos de la variable Con corrección (°C) a 6 metros de distancia se ajusta a una distribución normal con un nivel de confianza del 95%.

Metro 7

Hipotesis

H0: La variable Con corrección (°C) a distancia de 7 metros se ajusta a una distribución normal

H1: La variable Con corrección (°C) a distancia de 7 metros no se ajusta a una distribución normal

Nivel de significancia

alpha = 0,05 --- 95%

shapiro.test(metro7C\$ConCo)

#--- CONCLUSIÓN---#

Dado que el valor de p-valor es de 0.03484 es decir menor que 0.05 se puede concluir que se rechaza la hipótesis nula entonces la muestra datos de la variable Con corrección (°C) a 7 metros de distancia no se ajusta a una distribución normal con un nivel de confianza del 95%.

Metro 8

Hipotesis

H0: La variable Con corrección (°C) a distancia de 8 metros se ajusta a una distribución normal

H1: La variable Con corrección (°C) a distancia de 8 metros no se ajusta a una distribución normal

Nivel de significancia

alpha = 0,05 --- 95%

shapiro.test(metro8C\$ConCo)

#--- CONCLUSIÓN---#

Dado que el valor de p-valor es de 0.01417 es decir menor que 0.05 se puede concluir que se rechaza la hipótesis nula entonces la muestra datos de la variable Con corrección (°C) a 8 metros de distancia no se ajusta a una distribución normal con un nivel de confianza del 95%.

Metro 9

Hipotesis

H0: La variable Con corrección (°C) a distancia de 9 metros se ajusta a una distribución normal

H1: La variable Con corrección (°C) a distancia de 9 metros no se ajusta a una distribución normal

Nivel de significancia

alpha = 0,05 --- 95%

shapiro.test(metro9C\$ConCo)

#--- CONCLUSIÓN---#

Dado que el valor de p-valor es de 0.01214 es decir menor que 0.05 se puede concluir que se rechaza la hipótesis nula entonces la muestra datos de la variable Con corrección (°C) a 9 metros de distancia no se ajusta a una distribución normal con un nivel de confianza del 95%.

Metro 10

Hipotesis

H0: La variable Con corrección (°C) a distancia de 10 metros se ajusta a una distribución normal

H1: La variable Con corrección (°C) a distancia de 10 metros no se ajusta a una distribución normal

Nivel de significancia

alpha = 0,05 --- 95%

shapiro.test(metro10C\$ConCo)

```
#--- CONCLUSIÓN---#
```

```
### Dado que el valor de p-valor es de 0.08282 es decir mayor que 0.05 se puede concluir que no se rechaza la hipótesis nula entonces la muestra datos de la variable Con corrección (°C) a 10 metros de distancia se ajusta a una distribución normal con un nivel de confianza del 95%.
```

```
# Metro 11
```

```
# Hipotesis
```

```
# H0: La variable Con corrección (°C) a distancia de 11 metros se ajusta a una distribución normal
```

```
# H1: La variable Con corrección (°C) a distancia de 11 metros no se ajusta a una distribución normal
```

```
# Nivel de significancia
```

```
# alpha = 0,05 --- 95%
```

```
shapiro.test(metro11C$ConCo)
```

```
#--- CONCLUSIÓN---#
```

```
### Dado que el valor de p-valor es de 0.3224 es decir mayor que 0.05 se puede concluir que no se rechaza la hipótesis nula entonces la muestra datos de la variable Con corrección (°C) a 11 metros de distancia se ajusta a una distribución normal con un nivel de confianza del 95%.
```

```
# Metro 12
```

```
# Hipótesis
```

```
# H0: La variable Con corrección (°C) a distancia de 12 metros se ajusta a una distribución normal
```

```
# H1: La variable Con corrección (°C) a distancia de 12 metros no se ajusta a una distribución normal
```

```
# Nivel de significancia
```

```
# alpha = 0,05 --- 95%
```

```
shapiro.test(metro12C$ConCo)
```

```
#--- CONCLUSIÓN---#
```

```
### Dado que el valor de p-valor es de 0.007244 es decir menor que 0.05 se puede concluir que se rechaza la hipótesis nula entonces la muestra datos de la variable Con corrección (°C) a 12 metros de distancia no se ajusta a una distribución normal con un nivel de confianza del 95%.
```

```
# Transformaciones bootstrap
```

```
# Variable sin corrección de la distancia
```

```
# Metro 4 sin corrección
```

```
{set.seed(97)
```

```
bootstrap = replicate(n=36,sample(metro4$SinCo,replace = T))
```

```
met4s = apply(bootstrap,MARGIN = 2,FUN = mean)
```

```
shapiro.test(met4s)}
```

```
# Metro 7 sin corrección
```

```
{set.seed(19)
```

```
bootstrap = replicate(n=36,sample(metro7$SinCo,replace = T))
```

```
met7s = apply(bootstrap,MARGIN = 2,FUN = mean)
```

```
shapiro.test(met7s)}
```

Metro 10 sin corrección

```
{set.seed(40)
bootstrap = replicate(n=36,sample(metro10$SinCo,replace = T))
met10s = apply(bootstrap,MARGIN = 2,FUN = mean)
shapiro.test(met10s)}
```

Metro 11 sin corrección

```
{set.seed(13)
bootstrap = replicate(n=36,sample(metro11$SinCo,replace = T))
met11s = apply(bootstrap,MARGIN = 2,FUN = mean)
shapiro.test(met11s)}
```

Metro 12 sin corrección

```
{set.seed(22)
bootstrap = replicate(n=36,sample(metro12$SinCo,replace = T))
met12s = apply(bootstrap,MARGIN = 2,FUN = mean)
shapiro.test(met12s)}
```

Variable con corrección de la distancia

Metro 1 con corrección

```
{set.seed(11)
bootstrap = replicate(n=36,sample(metro1C$ConCo,replace = T))
met1C = apply(bootstrap,MARGIN = 2,FUN = mean)
shapiro.test(met1C)}
```

Metro 2 con corrección

```
{set.seed(34)
bootstrap = replicate(n=36,sample(metro2C$ConCo,replace = T))
met2C = apply(bootstrap,MARGIN = 2,FUN = mean)
shapiro.test(met2C)}
```

Metro 4 con corrección

```
{set.seed(23)
bootstrap = replicate(n=36,sample(metro4C$ConCo,replace = T))
met4C = apply(bootstrap,MARGIN = 2,FUN = mean)
shapiro.test(met4C)}
```

Metro 7 con corrección

```
{set.seed(18)
bootstrap = replicate(n=36,sample(metro7C$ConCo,replace = T))
met7C = apply(bootstrap,MARGIN = 2,FUN = mean)
```

```
shapiro.test(met7C)}
```

Metro 8 con corrección

```
{set.seed(43)
bootstrap = replicate(n=36,sample(metro8C$ConCo,replace = T))
met8C = apply(bootstrap,MARGIN = 2,FUN = mean)
shapiro.test(met8C)}
```

Metro 9 con corrección

```
{set.seed(53)
bootstrap = replicate(n=36,sample(metro9C$ConCo,replace = T))
met9C = apply(bootstrap,MARGIN = 2,FUN = mean)
shapiro.test(met9C)}
```

Metro 12 con corrección

```
{set.seed(21)
bootstrap = replicate(n=36,sample(metro12C$ConCo,replace = T))
met12C = apply(bootstrap,MARGIN = 2,FUN = mean)
shapiro.test(met12C)}
```

Prueba de hipótesis basada en dos muestras

Variable sin corrección de la distancia

Metro 1 Con corrección (Muestra de control) y Metro 2 Sin corrección

```
antes<- met1C # Muestra de control
despues2s <- metro2$SinCo
par(mfrow = c(1, 2))
{hist(antes, col = "orange",main="Distancia de control",ylab="",freq = F)
curve(dnorm(x,mean(antes),sd(antes)),add=T, col = "purple", lwd = 2)
hist(despues2s,main="Distancia de 2 metros sin corrección",col = "orange",ylab="",freq = F)
curve(dnorm(x,mean(despues2s),sd(despues2s)),add=T, col = "purple", lwd = 2)}

qqnorm(antes,main="",ylab="",xlab="Distancia de control");qqline(antes)
qqnorm(despues2s,main="",ylab="",xlab="Distancia de 2 metros sin corrección");qqline(despues2s)
```

Test de normalidad

```
shapiro.test(antes)
shapiro.test(despues2s)
```

Ho: $D \geq A$

```
t.test(despues2s,antes,alternative = "less",paired = T)
```

```
# Conclusión: (p-valor<0.05 se acepta la H1)
```

Metro 1 Con Corrección (Muestra de control) y Metro 3 Sin corrección

```
antes<- met1C # Muestra de control
despues3s <- metro3$SinCo
par(mfrow = c(1, 2))
{hist(antes, col = "orange",main="Distancia de control",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(antes),sd(antes)),add=T, col = "purple", lwd = 2)
  hist(despues3s,main="y la distancia 3 Sin corrección",col = "orange",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(despues3s),sd(despues3s)),add=T, col = "purple", lwd = 2)}

qqnorm(antes,main="",ylab="",xlab="Distancia de control");qqline(antes)
qqnorm(despues3s,main="",ylab="",xlab="Antes");qqline(despues3s)

# test de normalidad

shapiro.test(antes)
shapiro.test(despues3s)

# Ho: D>=A
t.test(despues3s,antes,paired = T,alternative = "less")

#Conclusión: (p-valor<0.05 se acepta la H1)
```

Metro 1 Con Corrección (Muestra de control) y Metro 4 Sin corrección

```
antes<- met1C # Muestra de control
despues4s <- met4s
par(mfrow = c(1, 2))
{hist(antes, col = "orange",main="Distancia de control",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(antes),sd(antes)),add=T, col = "purple", lwd = 2)
  hist(despues4s,main="Histograma de la distancia de control",col = "orange",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(despues4s),sd(despues4s)),add=T, col = "purple", lwd = 2)}

qqnorm(antes,main="",ylab="",xlab="Distancia de control");qqline(antes)
qqnorm(despues4s,main="",ylab="",xlab="Antes");qqline(despues4s)

# test de normalidad

shapiro.test(antes)
shapiro.test(despues4s)

# Ho: D>=A
t.test(despues4s,antes,paired = T,alternative = "less")

#Conclusión: (p-valor<0.05 se acepta la H1)
```


Metro 1 Con Corrección (Muestra de control) y Metro 5 Sin corrección

```
antes<- met1C # Muestra de control
despues5s <- metro5$SinCo
par(mfrow = c(1, 2))
{hist(antes, col = "orange",main="Distancia de control",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(antes),sd(antes)),add=T, col = "purple", lwd = 2)
  hist(despues5s,main="Histograma de la distancia de control",col = "orange",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(despues5s),sd(despues5s)),add=T, col = "purple", lwd = 2)}

qqnorm(antes,main="",ylab="",xlab="Distancia de controls");qqline(antes)
qqnorm(despues5s,main="",ylab="",xlab="Antes");qqline(despues5s)

# test de normalidad
shapiro.test(antes)
shapiro.test(despues5s)

# Test de comprobación (boxplot)

# Ho: D>=A
t.test(despues5s,antes,paired = T,alternative = "less")

#Conclusión: (p-valor<0.05 se acepta la H1)
```

Metro 1 Con Corrección (Muestra de control) y Metro 6 Sin corrección

```
antes<- met1C # Muestra de control
despues6s <- metro6$SinCo
par(mfrow = c(1, 2))
{hist(antes, col = "orange",main="Distancia de control",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(antes),sd(antes)),add=T, col = "purple", lwd = 2)
  hist(despues6s,main="Histograma de la distancia de control",col = "orange",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(despues6s),sd(despues6s)),add=T, col = "purple", lwd = 2)}

qqnorm(antes,main="",ylab="",xlab="Distancia de control");qqline(antes)
qqnorm(despues6s,main="",ylab="",xlab="Antes");qqline(despues6s)

# test de normalidad

shapiro.test(antes)
shapiro.test(despues6s)

# Ho: D>=A
t.test(despues6s,antes,paired = T,alternative = "less")

#Conclusión: (p-valor<0.05 se acepta la H1)
```

Metro 1 Con Corrección (Muestra de control) y Metro 7 Sin corrección

```
antes<- met1C # Muestra de control
despues7s <- met7s
par(mfrow = c(1, 2))
{hist(antes, col = "orange",main="Distancia de control",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(antes),sd(antes)),add=T, col = "purple", lwd = 2)
  hist(despues6s,main="Histograma de la distancia de control",col = "orange",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(despues7s),sd(despues7s)),add=T, col = "purple", lwd = 2)}

qqnorm(antes,main="",ylab="",xlab="Distancia de control");qqline(antes)
qqnorm(despues7s,main="",ylab="",xlab="Antes");qqline(despues7s)

# test de normalidad

shapiro.test(antes)
shapiro.test(despues7s)

# Ho: D>=A
t.test(despues7s,antes,paired = T,alternative = "less")

#Conclusión: (p-valor<0.05 se acepta la H1)
```

Metro 1 Con Corrección (Muestra de control) y Metro 8 Sin corrección

```
antes<- met1C # Muestra de control
despues8s <- metro8$SinCo
par(mfrow = c(1, 2))
{hist(antes, col = "orange",main="Distancia de control",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(antes),sd(antes)),add=T, col = "purple", lwd = 2)
  hist(despues8s,main="Histograma de la distancia de control",col = "orange",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(despues8s),sd(despues8s)),add=T, col = "purple", lwd = 2)}

qqnorm(antes,main="",ylab="",xlab="Distancia de control");qqline(antes)
qqnorm(despues8s,main="",ylab="",xlab="Antes");qqline(despues8s)

# test de normalidad

shapiro.test(antes)
shapiro.test(despues8s)

# Ho: D>=A
t.test(despues8s,antes,paired = T,alternative = "less")

#Conclusión: (p-valor<0.05 se acepta la H1)
```

Metro 1 Con Corrección (Muestra de control) y Metro 9 Sin corrección

```
antes<- met1C # Muestra de control
despues9s <- metro9$SinCo
par(mfrow = c(1, 2))
{hist(antes, col = "orange",main="Distancia de control",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(antes),sd(antes)),add=T, col = "purple", lwd = 2)
  hist(despues9s,main="Histograma de la distancia de control",col = "orange",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(despues9s),sd(despues9s)),add=T, col = "purple", lwd = 2)}

qqnorm(antes,main="",ylab="",xlab="Distancia de control");qqline(antes)
qqnorm(despues9s,main="",ylab="",xlab="Antes");qqline(despues9s)

# test de normalidad

shapiro.test(antes)
shapiro.test(despues9s)

# Ho: D>=A
t.test(despues9s,antes,paired = T,alternative = "less")

#Conclusión: (p-valor<0.05 se acepta la H1)
```

Metro 1 Con Corrección (Muestra de control) y Metro 10 Sin corrección

```
antes<- met1C # Muestra de control
despues10s <- met10s
par(mfrow = c(1, 2))
{hist(antes, col = "orange",main="Distancia de control",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(antes),sd(antes)),add=T, col = "purple", lwd = 2)
  hist(despues10s,main="Histograma de la distancia de control",col = "orange",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(despues10s),sd(despues10s)),add=T, col = "purple", lwd = 2)}

qqnorm(antes,main="",ylab="",xlab="Distancia de control");qqline(antes)
qqnorm(despues10s,main="",ylab="",xlab="Antes");qqline(despues10s)

# test de normalidad

shapiro.test(antes)
shapiro.test(despues10s)

# Ho: D>=A
t.test(despues10s,antes,paired = T,alternative = "less")

#Conclusión: (p-valor<0.05 se acepta la H1)
```

Metro 1 Con Corrección (Muestra de control) y Metro 11 Sin corrección

```
antes<- met1C # Muestra de control
despues11s <- met11s
par(mfrow = c(1, 2))
{hist(antes, col = "orange",main="Distancia de control",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(antes),sd(antes)),add=T, col = "purple", lwd = 2)
  hist(despues11s,main="Histograma de la distancia de control",col = "orange",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(despues11s),sd(despues11s)),add=T, col = "purple", lwd = 2)}

qqnorm(antes,main="",ylab="",xlab="Distancia de control");qqline(antes)
qqnorm(despues11s,main="",ylab="",xlab="Antes");qqline(despues11s)

# test de normalidad

shapiro.test(antes)
shapiro.test(despues11s)

# Ho: D>=A
t.test(despues11s,antes,paired = T,alternative = "less")

#Conclusión: (p-valor<0.05 se acepta la H1)
```

Metro 1 Con Corrección (Muestra de control) y Metro 12 Sin corrección

```
antes<- met1C # Muestra de control
despues12s <- met12s
par(mfrow = c(1, 2))
{hist(antes, col = "orange",main="Distancia de control",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(antes),sd(antes)),add=T, col = "purple", lwd = 2)
  hist(despues12s,main="Histograma de la distancia de control",col = "orange",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(despues12s),sd(despues12s)),add=T, col = "purple", lwd = 2)}

qqnorm(antes,main="",ylab="",xlab="Distancia de control");qqline(antes)
qqnorm(despues12s,main="",ylab="",xlab="Antes");qqline(despues12s)

# test de normalidad

shapiro.test(antes)
shapiro.test(despues12s)

# Ho: D>=A
t.test(despues12s,antes,paired = T,alternative = "less")

#Conclusión: (p-valor<0.05 se acepta la H1)
```

#Diagrama de caja o bigotes

```
par(mfrow = c(1, 1))
boxplot(antes, despues2s, despues3s, despues4s, despues5s, despues6s, despues7s, despues8s,
        despues9s, despues10s, despues11s, despues12s, col = rgb(0,0,1,alpha = 0.4),
        xlab = "Comparación de muestras de temperatura sin corrección distancia Cámara Satir HotFind VR", at =
c(1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12))
axis(1, at = 0:12)
```

Variable con corrección de la distancia

Metro 1 Con Corrección (Muestra de control) y Metro 2 Con corrección

```
antes<- met1C # Muestra de control
despues2c <- met2C
par(mfrow = c(1, 2))
{hist(antes, col = "pink",main="Distancia de control",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(antes),sd(antes)),add=T, col = "brown", lwd = 2)
  hist(despues2c,main="Distancia de 2 metros con corrección",col = "pink",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(despues2c),sd(despues2c)),add=T, col = "brown", lwd = 2)}

qqnorm(antes,main="",ylab="",xlab="Distancia de control");qqline(antes)
qqnorm(despues2c,main="",ylab="",xlab="Distancia de 2 metros con corrección");qqline(despues2c)

# test de normalidad

shapiro.test(antes)
shapiro.test(despues2c)

# Ho: D>=A
t.test(despues2c,antes,paired = T,alternative = "less")

#Conclusión: (p-valor<0.05 se acepta la H1)
```

Metro 1 Con Corrección (Muestra de control) y Metro 3 Con corrección

```
antes<- met1C # Muestra de control
despues3c <- metro3C$ConCo
par(mfrow = c(1, 2))
{hist(antes, col = "pink",main="Distancia de control",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(antes),sd(antes)),add=T, col = "brown", lwd = 2)
  hist(despues3c,main="Distancia de 3 metros con corrección",col = "pink",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(despues3c),sd(despues3c)),add=T, col = "brown", lwd = 2)}

qqnorm(antes,main="",ylab="",xlab="Distancia de control");qqline(antes)
qqnorm(despues3c,main="",ylab="",xlab="Antes");qqline(despues3c)
```

```

# test de normalidad

shapiro.test(antes)
shapiro.test(despues3c)

# Ho: D>=A
t.test(despues3c,antes,paired = T,alternative = "less")

#Conclusión: (p-valor<0.05 se acepta la H1)

# Metro 1 Con Corrección (Muestra de control) y Metro 4 Con corrección
antes<- met1C # Muestra de control
despues4c <- met4C
par(mfrow = c(1, 2))
{hist(antes, col = "pink",main="Distancia de control",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(antes),sd(antes)),add=T, col = "brown", lwd = 2)
  hist(despues4c,main="Histograma de la distancia de control",col = "pink",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(despues4c),sd(despues4c)),add=T, col = "brown", lwd = 2)}

qqnorm(antes,main="",ylab="",xlab="Distancia de control");qqline(antes)
qqnorm(despues4c,main="",ylab="",xlab="Antes");qqline(despues4c)

# test de normalidad

shapiro.test(antes)
shapiro.test(despues4c)

# Ho: D>=A
t.test(despues4c,antes,paired = T,alternative = "less")

#Conclusión: (p-valor<0.05 se acepta la H1)

# Metro 1 Con Corrección (Muestra de control) y Metro 5 Con corrección
antes<- met1C # Muestra de control
despues5c <- metro5C$ConCo
par(mfrow = c(1, 2))
{hist(antes, col = "pink",main="Distancia de control",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(antes),sd(antes)),add=T, col = "brown", lwd = 2)
  hist(despues5c,main="Histograma de la distancia de control",col = "pink",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(despues5c),sd(despues5c)),add=T, col = "brown", lwd = 2)}

qqnorm(antes,main="",ylab="",xlab="Distancia de control");qqline(antes)
qqnorm(despues5c,main="",ylab="",xlab="Antes");qqline(despues5c)

# test de normalidad

```

```

shapiro.test(antes)
shapiro.test(despues5c)

length(despues5c)
length(antes)
par(mfrow = c(1, 2))
boxplot(antes,main="Distancia de control")
boxplot(despues5c,main="Después")

# Ho: D>=A
t.test(despues5c,antes,paired = T,alternative = "less")

#Conclusión: (p-valor<0.05 se acepta la H1)

# Metro 1 Con corrección (Muestra de control) y Metro 6 Con corrección
antes<- met1C # Muestra de control
despues6c <- metro6C$ConCo
par(mfrow = c(1, 2))
{hist(antes, col = "pink",main="Distancia de control",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(antes),sd(antes)),add=T, col = "brown", lwd = 2)
  hist(despues6c,main="Histograma de la distancia de control",col = "pink",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(despues6c),sd(despues6c)),add=T, col = "brown", lwd = 2)}

qqnorm(antes,main="",ylab="",xlab="Distancia de control");qqline(antes)
qqnorm(despues6c,main="",ylab="",xlab="Antes");qqline(despues6c)

# test de normalidad

shapiro.test(antes)
shapiro.test(despues6c)

# Ho: D>=A
t.test(despues6c,antes,paired = T,alternative = "less")

#Conclusión: (p-valor<0.05 se acepta la H1)

# Metro 1 Con corrección (Muestra de control) y Metro 7 Con corrección
antes<- met1C # Muestra de control
despues7c <- met7C
par(mfrow = c(1, 2))
{hist(antes, col = "pink",main="Distancia de control",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(antes),sd(antes)),add=T, col = "brown", lwd = 2)
  hist(despues7c,main="Histograma de la distancia de control",col = "pink",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(despues7c),sd(despues7c)),add=T, col = "brown", lwd = 2)}

```

```
qqnorm(antes,main="",ylab="",xlab="Distancia de control");qqline(antes)
qqnorm(despues7c,main="",ylab="",xlab="Antes");qqline(despues7c)
```

```
# test de normalidad
```

```
shapiro.test(antes)
shapiro.test(despues7c)
```

```
# Ho:  $D \geq A$ 
t.test(despues7c,antes,paired = T,alternative = "less")
```

```
#Conclusión: (p-valor<0.05 se acepta la H1)
```

Metro 1 Con corrección (Muestra de control) y Metro 8 Con corrección

```
antes<- met1C # Muestra de control
despues8c <- met8C
par(mfrow = c(1, 2))
{hist(antes, col = "pink",main="Distancia de control",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(antes),sd(antes)),add=T, col = "brown", lwd = 2)
  hist(despues8c,main="Histograma de la distancia de control",col = "pink",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(despues8c),sd(despues8c)),add=T, col = "brown", lwd = 2)}
```

```
qqnorm(antes,main="",ylab="",xlab="Distancia de control");qqline(antes)
qqnorm(despues8c,main="",ylab="",xlab="Antes");qqline(despues8c)
```

```
# test de normalidad
```

```
shapiro.test(antes)
shapiro.test(despues8c)
```

```
# Ho:  $D \geq A$ 
t.test(despues8c,antes,paired = T,alternative = "less")
```

```
#Conclusión: (p-valor<0.05 se acepta la H1)
```

Metro 1 Con corrección (Muestra de control) y Metro 9 Con corrección

```
antes<- met1C # Muestra de control
despues9c <- met9C
par(mfrow = c(1, 2))
{hist(antes, col = "pink",main="Distancia de control",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(antes),sd(antes)),add=T, col = "brown", lwd = 2)
  hist(despues9c,main="Histograma de la distancia de control",col = "pink",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(despues9c),sd(despues9c)),add=T, col = "brown", lwd = 2)}
```



```

qqnorm(antes,main="",ylab="",xlab="Después");qqline(antes)
qqnorm(despues9c,main="",ylab="",xlab="Antes");qqline(despues9c)

# test de normalidad

shapiro.test(antes)
shapiro.test(despues9c)

# Ho: D>=A
t.test(despues9c,antes,paired = T,alternative = "less")

#Conclusión: (p-valor<0.05 se acepta la H1)

# Metro 1 Con Corrección (Muestra de control) y Metro 10 Con corrección
antes<- met1C # Muestra de control
despues10c <- metro10C$ConCo
par(mfrow = c(1, 2))
{hist(antes, col = "pink",main="Distancia de control",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(antes),sd(antes)),add=T, col = "brown", lwd = 2)
  hist(despues10c,main="Histograma de la distancia de control",col = "pink",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(despues10c),sd(despues10c)),add=T, col = "brown", lwd = 2)}

qqnorm(antes,main="",ylab="",xlab="Distancia de control");qqline(antes)
qqnorm(despues10c,main="",ylab="",xlab="Antes");qqline(despues10c)

# test de normalidad

shapiro.test(antes)
shapiro.test(despues10c)

# Ho: D>=A
t.test(despues10c,antes,paired = T,alternative = "less")

Conclusión: (p-valor<0.05 se acepta la H1)

# Metro 1 Con corrección (Muestra de control) y Metro 11 Con corrección
antes<- met1C # Muestra de control
despues11c <- metro11C$ConCo
par(mfrow = c(1, 2))
{hist(antes, col = "pink",main="Distancia de control",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(antes),sd(antes)),add=T, col = "brown", lwd = 2)
  hist(despues11c,main="Histograma de la distancia de control",col = "pink",ylab="",freq = F)
  curve(dnorm(x,mean(despues11c),sd(despues11c)),add=T, col = "brown", lwd = 2)}

qqnorm(antes,main="",ylab="",xlab="Distancia de control");qqline(antes)

```

```
qqnorm(despues11c,main="",ylab="",xlab="Antes");qqline(despues11c)
```

```
# test de normalidad
```

```
shapiro.test(antes)
```

```
shapiro.test(despues11c)
```

```
# Ho:  $D \geq A$ 
```

```
t.test(despues11c,antes,paired = T,alternative = "less")
```

Conclusión: (p-valor<0.05 se acepta la H1)

Metro 1 Con corrección (Muestra de control) y Metro 12 Con corrección

```
antes<- met1C # Muestra de control
```

```
despues12c <- met12C
```

```
par(mfrow = c(1, 2))
```

```
{hist(antes, col = "pink",main="Distancia de control",ylab="",freq = F)
```

```
curve(dnorm(x,mean(antes),sd(antes)),add=T, col = "brown", lwd = 2)
```

```
hist(despues12c,main="Histograma de la distancia de control",col = "pink",ylab="",freq = F)
```

```
curve(dnorm(x,mean(despues12c),sd(despues12c)),add=T, col = "brown", lwd = 2)}
```

```
qqnorm(antes,main="",ylab="",xlab="Distancia de control");qqline(antes)
```

```
qqnorm(despues12c,main="",ylab="",xlab="Antes");qqline(despues12c)
```

```
# test de normalidad
```

```
shapiro.test(antes)
```

```
shapiro.test(despues12c)
```

```
# Ho:  $D \geq A$ 
```

```
t.test(despues12c,antes,paired = T,alternative = "less")
```

Conclusión: (p-valor<0.05 se acepta la H1)

#Diagrama de caja o bigotes

```
par(mfrow = c(1, 1))
```

```
boxplot(antes, despues2c, despues3c, despues4c, despues5c, despues6c, despues7c, despues8c,
```

```
despues9c, despues10c, despues11c, despues12c, col = rgb(0,0,1,alpha = 0.4),
```

```
xlab = "Comparación de muestras de temperatura con corrección distancia Cámara Satir HotFind VR",at =
```

```
c(1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12))
```

```
axis(1, at = 0:12)
```

ANEXO P: CÓDIGO EN SOFTWARE R STUDIO ANÁLISIS DE CORRELACIÓN Y REGRESIÓN LINEAL

#Librerías

```
library(readxl)
library(tidyverse)
library(dplyr)
```

#Importacion de la base de datos

```
temp_base <- read_excel("temp_base.xlsx")
#View(temp_base)
```

#Variable sin corrección

```
medianasS <- temp_base %>%
  mutate(Distancia2 = factor(Distancia, levels = c("1 metro", "2 metro", "3 metro", "4 metro", "5 metro", "6 metro",
    "7 metro", "8 metro", "9 metro", "10 metro", "11 metro", "12 metro"))) %>%
  group_by(Distancia2) %>%
  summarise(Mediana = median(SinCo))
```

Gráfico

```
{plot(x= 1:12 , y = medianasS$Mediana,
  xlab = "Distancia (m)", ylab = "Temperatura (°C)",
  xlim = c(0, 12), ylim = c(75, 90))
axis(1, at = 0:12)
lines(x= 1:12 , y = medianasS$Mediana, col= "red")
}
```

Análisis de correlación

```
cor.test(x= 1:12 , y = medianasS$Mediana)
```

```
# si existe correlación de manera lineal INVERSA
```

#Regresión Lineal

```
library(ggplot2)
library(ggpmisc)
library(MLmetrics)
```

```
reglS<- lm(medianasS$Mediana~ c(1:12))
summary(reglS)
```

```
ggplot(, aes(x =c(1:12), y = medianasS$Mediana)) +
  geom_point() +
  geom_smooth(method = "lm", colour = "blue", formula = y~x, se = F) +
  stat_poly_eq(formula = y ~ (x),
```

```
aes(label = paste(..eq.label.., ..rr.label..,
                sep = "~~~~~")), parse = T,
size = 7, hjust = -1, rr.digits = 2)
```

#Variable con corrección

```
medianasC <-temp_base %>%
mutate(Distancia2 = factor(Distancia, levels = c("1 metro", "2 metro", "3 metro", "4 metro", "5 metro", "6 metro",
                                                "7 metro", "8 metro", "9 metro", "10 metro", "11 metro", "12 metro"))) %>%
group_by(Distancia2) %>%
summarise(Mediana = median(ConCo))
```

#Gráfico

```
plot(x= 1:12 , y = medianasC$Mediana,
     xlab = "Distancia (m)", ylab = "Temperatura (°C)",
     xlim = c(0, 12), ylim = c(75, 90))
lines(x= 1:12 , y = medianasC$Mediana, col= "red")
axis(1, at = 0:12)
```

#Análisis de correlación

```
cor.test(x= 1:12 , y = medianasC$Mediana)
```

si existe correlación de manera lineal INVERSA

#Regresión Lineal

```
reglC<- lm(medianasC$Mediana~ c(1:12))
summary(reglC)
```

```
ggplot(, aes(x =c(1:12), y = medianasC$Mediana)) +
geom_point() +
geom_smooth(method = "lm", colour = "blue", formula = y~x, se = F) +
stat_poly_eq(formula = y ~ (x),
             aes(label = paste(..eq.label.., ..rr.label..,
                               sep = "~~~~~")), parse = T,
             size = 7, hjust = -1, rr.digits = 2)
```