

**IDENTIFICACIÓN Y OPORTUNIDADES DE MEJORA DE LAS ACTIVIDADES  
DE TRAZABILIDAD Y BPM (BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA).**

**JHON BRAYAN JAIMES FIGUEROA**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
PAMPLONA, NORTE DE SANTANDER  
2020**

**IDENTIFICACIÓN Y OPORTUNIDADES DE MEJORA DE LAS ACTIVIDADES  
DE TRAZABILIDAD Y BPM (BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA).**

**JHON BRAYAN JAIMES FIGUEROA**

**Proyecto de grado presentado como requisito parcial para optar por el título de:  
INGENIERO QUÍMICO.**

**Director:**

**ERIK GERMAN YANZA HURTADO**

**Ingeniero Químico**

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA  
FACULTAD DE INGENIERÍAS Y ARQUITECTURA  
PROGRAMA DE INGENIERÍA QUÍMICA  
PAMPLONA, NORTE DE SANTANDER  
2020**

## **DEDICATORIA**

A Dios, que me dio la sabiduría y el entendimiento para culminar éste proceso en mi vida.

A mis padres; Isabel Figueroa y Jorge Jaimes, por su constante apoyo, esfuerzo e invaluable consejos durante cada etapa en mi formación profesional.

A mis hermanos, por su compañía en los momentos más difíciles.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi director; Erik Yanza por los consejos y conocimiento transmitido para la realización de éste proyecto.

A la Universidad De Pamplona; Especialmente al cuerpo docente del programa de Ingeniería Química, quiénes me dedicaron su tiempo y esfuerzo para adquirir los conocimientos profesionales necesarios.

## RESUMEN

Mediante la implementación de pruebas específicas de laboratorio, se lograron analizar los parámetros de trazabilidad propios del grano de café verde y tostado; esto con el fin de asegurar un control en la calidad de la materia prima y producto terminado dentro de la empresa INVERSIONES GALAVIS S.A.S. Posteriormente se hizo seguimiento a la utilización de las buenas prácticas de manufactura (BPM); Por lo que de esta forma se logró llevar a cabo la debida identificación, documentación, medición, control de cada operación y/o proceso en las instalaciones de la empresa. Por último se realizó una evaluación técnica desde la perspectiva del área de producción y control de calidad, en donde se encontró una posible alternativa de mejora para el proceso de pesaje del grano tostado, la cual consistió en aplicar una búsqueda bibliográfica optima, para la conceptualización y concientización de la importancia que deberá tener el cambio de este proceso manual a una automatización parcial o completa; en donde se buscó propiamente que la empresa aumentara su producción y por ende una mejor distribución del personal operario dentro de la propia planta. Teóricamente se lograría eliminar gran parte del esfuerzo humano y los tiempos de operación en cada bache de grano tostado.

**Palabras claves:** Calidad, Molienda, Tamizado, Tostado, Diseño, Pesaje, Automatización.

## **ABSTRACT**

Through the implementation of specific laboratory tests, it was possible to analyze the traceability parameters of green and roasted coffee beans; this in order to ensure a quality control of the raw material and finished product within the company INVERSIONES GALAVIS S.A.S. Subsequently, the use of good manufacturing practices (BPM) was followed up; so in this way it was possible to carry out the proper identification, documentation, measurement, control of each operation and / or process in the company's facilities. Finally, a technical evaluation was carried out from the perspective of the production and quality control area, where a possible alternative for the weighing process of the roasted grain was found, which consisted of applying an optimal bibliographic search, for the conceptualization and awareness of the importance of changing this manual process to partial or complete automation; where it was properly sought that the company increase its production and therefore a better distribution of operating personnel within the plant itself. Theoretically, it would be possible to eliminate a large part of the human effort and the operating times in each pot of toasted grain.

**Keywords:** Quality, Grinding, Sieving, Toasting, Design, Weighing, Automation.

## CONTENIDO

1	OBJETIVOS.....	13
1.1	OBJETIVO GENERAL.....	13
1.2	OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	13
2	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACION.....	14
3	MARCO TEORICO.....	16
3.1	Granos de café.....	16
3.1.1	Capas de una cereza de café.....	17
3.1.2	Tipos de café en función de la variedad del cafeto.....	18
3.2	Trazabilidad en el sector cafetero.....	19
3.3	Automatización industrial.....	20
3.3.1	Aspectos para realizar una automatización.....	20
3.3.2	PLC (Programmable Logic Controller).....	22
3.3.3	Sistemas de medición industrial.....	23
3.3.4	Transductores y sensores.....	23
4	ESTADO DEL ARTE.....	26
5	METODOLOGIA.....	29
5.1	Ensayos internos de análisis de parámetros de calidad.....	29
5.1.1	Determinación del tamaño de los granos de café verde (Granulometría).....	29
5.1.2	Remoción y pesaje de los granos de café en cada tamiz.....	29
5.2	Determinación del contenido de defectos mayores y granos aprovechables.....	30
5.2.1	Defectos originados en el fruto de café (Cualitativo).....	30
5.2.2	Clasificación de defectos.....	36
5.2.3	Pesaje del grano defectuoso y aprovechable.....	37
5.2.4	Cálculo del porcentaje de grano defectuoso y aprovechable.....	37

5.2.5	Determinación del contenido de ripio.....	38
5.2.6	Cálculo del Porcentaje de Ripio .....	39
5.3	Determinación del contenido de humedad .....	39
5.4	Determinación de la densidad .....	40
5.5	Análisis externos de parámetros de calidad .....	40
5.6	Alistamiento de material .....	41
5.6.1	Pesaje de materia prima en la báscula digital.....	41
5.6.2	Cargue del lote debidamente pesado .....	42
5.7	Tostado de materia prima (café verde) .....	43
5.8	Pesaje de café tostado .....	44
5.9	Molienda de café tostado .....	45
5.9.1	Especificaciones para el transporte del café molido hacia las máquinas empacadoras .....	45
5.10	Empacado de café (tostado y molido).....	45
5.11	Control de peso real del producto.....	47
5.11.1	Tara del empaque.....	47
	La tara se define como el peso real del empaque que contiene cada presentación de café. La tara varía según la presentación del producto siguiente manera: .....	47
5.11.2	Peso real del producto.....	47
5.12	Tipo de investigación en el diseño del sistema de pesaje .....	48
5.12.1	Población.....	48
5.12.2	Muestra.....	49
5.12.3	Instrumentos para la recolección de información.....	49
5.12.4	Actividades metodológicas .....	49
6	ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	50
6.1	Tamaño del grano de café .....	50

6.2	Densidad del grano de café. ....	50
6.3	Humedad en el grano de café .....	51
6.4	Tostado del café.....	52
6.5	Molienda de café tostado .....	54
6.6	Empaque del producto. ....	54
6.7	Automatización industrial .....	55
6.8	Controlador PLC (Programmable Logic Controller).....	56
7	CONCLUSIONES .....	58
8	BIBLIOGRAFÍA .....	60
9	ANEXOS.....	62
9.1	Anexo A. Propiedades Granulométricas del café verde .....	62
9.2	Anexo B. Propiedades del café tostado.....	62
9.3	Anexo C. Estructura General de un sistema de medida y control. ....	63
9.4	Anexo D. Indicaciones para la realización del ensayo de granulometría .....	63
9.5	Anexo E. Determinación de humedad .....	65
9.6	Anexo F. Cotización del sistema de pesaje para la empresa INVERSIONES GALAVIS S.A.S .....	66
9.7	Anexo G. Informe de calibración del termómetro infrarrojo .....	72

## LISTA DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Recomendaciones para iniciar el proceso de tostado. ....	44
<b>Tabla 2.</b> Recomendaciones para el transporte del café tostado. ....	45
<b>Tabla 3.</b> Recomendaciones para el empaclado del café molido. ....	46
<b>Tabla 4.</b> Peso de cada presentación de empaque. ....	47
<b>Tabla 5.</b> Cotización del sistema de pesaje. ....	71

## LISTA DE IMAGENES

<b>Imagen 1.</b> Granos de café.....	16
<b>Imagen 2.</b> PLC V570.....	22
<b>Imagen 3.</b> Grano de café retenidos en cada tamiz. ....	30
<b>Imagen 4.</b> Grano de café dañado por insectos. ....	31
<b>Imagen 5.</b> Grano de café negro.....	31
<b>Imagen 6.</b> Grano de café inmaduro.....	31
<b>Imagen 7.</b> Grano de café vinagre. ....	32
<b>Imagen 8.</b> Grano de café veteado.....	33
<b>Imagen 9.</b> Grano de café Averanado.....	33
<b>Imagen 10.</b> Grano de café Picado. ....	34
<b>Imagen 11.</b> Grano de café Decolorado.....	34
<b>Imagen 12.</b> Grano de café Cardenillo. ....	35
<b>Imagen 13.</b> Grano de café Cristalizado. ....	35
<b>Imagen 14.</b> Grano de café Aplastado. ....	35
<b>Imagen 15.</b> Grano de café Flojo.....	36
<b>Imagen 16.</b> Grano de café Ámbar. ....	36
<b>Imagen 17.</b> Grano de café Sobre secado. ....	36
<b>Imagen 18.</b> Esparcimiento de los granos de café.....	37
<b>Imagen 19.</b> Clasificación manual de los granos de café. ....	37
<b>Imagen 20.</b> Pesaje del grano defectuoso y aprovechable. ....	37
<b>Imagen 21.</b> Determinación del contenido de Ripio.....	39
<b>Imagen 22.</b> Calculo de la densidad. ....	40
<b>Imagen 23.</b> Vista de la báscula digital para el pesaje de la materia prima.....	42
<b>Imagen 24.</b> Transporte de la materia prima, previamente pesada. ....	43
<b>Imagen 25.</b> Control de Peso Real Del Producto. ....	48
<b>Imagen 26.</b> Encendido de balanza. ....	63
<b>Imagen 27.</b> Tare de balanza. ....	64
<b>Imagen 28.</b> Pesaje de la muestra problema. ....	64
<b>Imagen 29.</b> Juego de Tamices.....	64

<b>Imagen 30.</b> Vertimiento de la muestra problema en el juego de tamices.....	65
<b>Imagen 31.</b> Agitación manual del juego de tamices. ....	65
<b>Imagen 32.</b> Medición de la humedad. ....	66
<b>Imagen 33.</b> Informe de calibración de termómetro infrarrojo. ....	72
<b>Imagen 34.</b> Informe de calibración de termómetro infrarrojo. ....	73

# **1 OBJETIVOS**

## **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Realizar ensayos de laboratorio, para asegurar la identificación y trazabilidad del grano de Café; De tal forma que se pueda garantizar en gran medida la calidad de la materia prima que será posteriormente utilizada en la producción de líneas de café tostado y molido dentro de la empresa.

## **1.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

Aplicar el debido análisis; mediante el uso de pruebas físicas y organolépticas a muestras de grano de café enviadas por proveedores y las tomadas dentro de la empresa.

Asegurar el seguimiento y control del peso real del producto final tostado y molido.

Aportar de forma investigativa la conceptualización necesaria para el diseño de un sistema de pesaje de café tostado, lo que surge como una alternativa de automatización dentro de la planta de producción; e ira específicamente direccionado al control de peso del grano tostado presente en la tolva de almacenamiento.

Documentar cada procedimiento en los formatos implementados y asignados en la base de datos del área de producción y control de calidad de la empresa INVERSIONES GALAVIS S.A.S.

## 2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y JUSTIFICACION

Dentro de la industria de alimentos, es esencial llevar un control estricto en aspectos como la higiene, tratamientos físicos y/o químicos, manejo y capacitación de equipos y operarios entre otros. Iniciando desde la recepción de la materia prima hasta la entrega del producto terminado, porque de no hacer este tipo de controles, se estarían exponiendo a graves consecuencias los seres que poseen contacto directo o indirecto con el producto terminado. Por otra parte es indispensable conocer los componentes y variables que puedan llegar a afectar o que puedan influir en la calidad y reactividad específica del producto; Además es imprescindible llevar a cabo pruebas de control y calidad, tanto para fines inmunológicos como para fines económicos que también deben ser una de las prioridades de la empresa para su sostenimiento.

Es importante la realización de este tipo de proyecto y su posterior acompañamiento para dejar definidos los lineamientos en el funcionamiento de la empresa dentro de la industria, además que ayudará a enriquecer su base de datos y complementará el registro que se ha venido llevando. Con la implementación de controles en las buenas prácticas de manufactura (BPM) se podría garantizar el éxito y la vigencia específicamente de la empresa. Pero no solo es importante por este tipo de razones, sino que también se abre una posibilidad para ver las alternativas de mejora.

En toda industria en la que se llevan a cabo operaciones unitarias se reconocen diferentes aspectos que afectan la eficiencia de dichas operaciones y por ende bajan la cantidad esperada de materia al terminar cada producción. Por esta razón investigar a fondo este tipo de circunstancias y fenómenos podrían mostrarnos el camino para aumentar dicha eficiencia, sin afectar la calidad del producto ni de la materia prima.

Este trabajo además buscara plantear una conceptualización para el diseño automatizado de pesaje de café tostado; ya que actualmente este procedimiento es muy manual, lo que implica un aumento del tiempo de producción, constante manipulación del producto, exposición al ambiente y errores en el registro de lecturas. Lo cual, disminuye la productividad de la empresa.

El sistema automatizado de pesaje de café tostado en la propia tolva de almacenamiento permitirá conocer su peso en cualquier momento y contribuye al aumento de la productividad de la empresa porque: no requiere personal para realizar el pesaje, con lo cual se reducen los errores; ni tampoco requiere el uso de equipos y elementos propios del procedimiento usado actualmente, tales como la báscula electrónica, número de operarios y sacos.

### 3 MARCO TEORICO

#### 3.1 Granos de café

Los granos que tostamos, molem y usamos para preparar café son las semillas de un fruto. El cafeto produce cerezas de café y los granos son las semillas, que se encuentran dentro de las cerezas.

Los cafetos pueden crecer de forma natural hasta superar los 30 ft/9 m. Pero los productores mantienen las plantas bajas mediante la poda y el zoqueo para conservar su energía y facilitar la cosecha. Los árboles más pequeños tienen una mejor calidad y un mejor rendimiento de la cosecha en un espacio limitado.

Cada árbol está cubierto por hojas cerosas de color verde que crecen en pares y las cerezas de café crecen a lo largo de las ramas. Dependiendo de la variedad, un cafeto tarda entre tres y cuatro años en dar frutos. La Asociación Nacional del Café de Estados Unidos afirma que un cafeto normal produce 10 lb de cerezas de café por año, que equivalen a alrededor de 2 lb de granos verdes.



**Imagen 1.** Granos de café.  
**Fuente:** Koninklijke Philips N.V, 2004

Pero existen distintas variedades de café y sus granos tienen muchas características diferentes. El tamaño, el sabor y la resistencia a las enfermedades varían, entre otros factores. (Veronica, 2019)

### **3.1.1 Capas de una cereza de café**

La piel de la cereza de café se llama exocarpio y es verde hasta que madura y se vuelve de color rojo, amarillo, naranja o incluso rosa brillante, según la variedad. No se deben confundir las cerezas de café verdes con los granos de café verdes, que son las semillas sin tostar que provienen de la cereza de café madura.

Debajo de la piel de cada cereza hay una capa delgada que se denomina mesocarpio, también conocida como pulpa. El mucílago es la capa interna de la pulpa. También hay una capa de pectina debajo del mucílago. Estas capas son ricas en azúcares, los cuales son importantes durante el proceso de fermentación.

Luego, llegamos a las semillas de café, cuya denominación técnica es endospermo, pero que nosotros conocemos como granos. Por lo general, hay dos granos en una cereza de café, cada uno de ellos está cubierto por una capa fina de epidermis conocida como película plateada y una cascarilla similar al papel, que llamamos pergamino (técnicamente el endocarpio).

Generalmente, el pergamino se remueve durante el trillado, que es el primer paso en el proceso de beneficio seco. Se utilizan máquinas o molinos de piedra para retirar de los granos cualquier fruto que haya quedado y el pergamino seco. Pero a veces, se venden los granos verdes con esta capa intacta como café pergamino.

La película plateada es un grupo de células esclerénquimas que están muy adheridas a los granos. Estas células se forman para ayudar y proteger a la semilla, y se despegan durante el tueste. En esta fase se conocen como cascarilla.

A veces, solo hay una semilla dentro de una cereza de café y es más redonda y grande de lo normal. Esto sucede aproximadamente en el 5% de las cerezas y a los granos se les denomina caracolillos (o caracoles).

Los caracolillos pueden ser una variación anatómica de la planta o se pueden formar cuando no hay suficiente polinización y un óvulo no está fecundado. A veces, la semilla simplemente no crece, ya sea por causas genéticas o condiciones ambientales. Los caracolillos suelen aparecer en las partes del cafeto que están expuestas a pésimas condiciones climáticas.

Existe un debate sobre si los caracolillos tienen un sabor más dulce y más apetecible y de vez en cuando se venden a un precio más alto. Independientemente de si crees que tienen un sabor diferente o no, su forma redondeada hace que rueden mejor en el tambor de tueste. Así que, es mejor separarlos de los otros granos para evitar un tueste inconsistente. (Veronica, 2019)

### **3.1.2 Tipos de café en función de la variedad del cafeto**

Los tipos de grano de café que se conocen hasta hoy se pueden agrupar en solo 4 categorías:

**Tipo de café arábica o arábigo:** La arábica es una especie antigua, originaria de Abyssinia, Etiopia. Crece en mesetas o en montañas entre los 700 y 2000 metros, dentro de las zonas intertropicales, sobre todo en Latinoamérica, América Central y en algunos países de África.

Este tipo de grano de café representa casi un 80% de la producción mundial. La concentración de cafeína de estos granos es de un 1-1,5%. El café Arábica se considera de tipo gourmet.

**Tipo de café robusta:** El café canefora robusta crecía en un estado salvaje en los bosques de la zona tropical africana. Hoy su cultivo está extendido en África, India, Indonesia, Madagascar, Brasil y Filipinas.

Hablamos de un grano de café procedente de un arbusto resistente que da la posibilidad de cultivarlo en terrenos con aptitudes diferentes. La concentración de cafeína de su grano pequeño, supera y en mucho a la del café Arábica, siendo ésta de un 2-3% aproximadamente.

Esta característica distintiva hace del café Robusta una bebida fuerte y amarga, con un olor menos perfumado y una textura áspera.

Cuando se lo degusta nos recuerda a frutos secos y madera. Es utilizado la mayoría de veces para la conformación de blends (mezclas), a diferencia del café Arábica que es de tipo gourmet.

**Tipo de café libérica:** Procedente de los alrededores de Monrovia, en Liberia (África). Es un grano de café que brinda un sabor particularmente diferente, apreciado en países escandinavos. Su consumo no se encuentra muy extendido.

**Tipo de café excelsa:** Este café es muy parecido al café Libérica respecto al tamaño del árbol y el tipo de hojas, pero difiere en sus flores, frutos y granos. Sus granos de café son de calidad inferior. Haciendo su consumo residual. (Mariano, 2020)

### **3.2 Trazabilidad en el sector cafetero**

La trazabilidad de los granos del café es de vital importancia para garantizar la seguridad alimentaria de los consumidores, así como la propia calidad del producto. Para ello, es necesario regular los procesos de producción, desde que se obtiene la materia prima hasta que se transforma y llega a la fase de distribución.

La cadena de la trazabilidad comienza con la producción en las fincas cafetaleras y termina con la venta del artículo tostado que llega a los consumidores. Por lo tanto, es necesario abarcar distintos estadios que poseen un ámbito internacional. El primero eslabón de la cadena es el productor del café, que es responsable de la plantación y cuida que la cosecha sea óptima. El segundo nivel corresponde a las empresas acopiadoras, que forman lotes de café para vender a los compradores extranjeros.

El tercer nivel de la trazabilidad del café está compuesto por los importadores, una figura habitual en la mayoría de las empresas que se encarga de organizar todos los aspectos relativos a la logística. En el cuarto nivel encontramos a los compradores de materia prima, que están compuestos por las empresas tostadoras. Y finalmente, en el último eslabón de la cadena tenemos a las empresas que se encargan de distribuir el café tostado hasta los clientes finales. (Xabi, 2018)

### 3.3 Automatización industrial

La automatización industrial es el conjunto de técnicas destinadas a la medición, transmisión, comunicación, conversión, regulación, control y operación de los procesos automáticos que actúan sobre equipos y máquinas, de manera directa, asegurando la seguridad y eficiencia de un proceso industrial.

La automatización industrial involucra la aplicación e integración de sistemas mecánicos, eléctricos-electrónicos y fluidos, unidos todos ellos con los autómatas programables para operar y controlar diferentes tipos de sistemas industriales de forma autónoma. (Ximena, 2017)

#### 3.3.1 Aspectos para realizar una automatización

**Alambrado blando:** Toda la funcionalidad del sistema se define en base al programa que reside en el PLC o controlador, y para modificarla simplemente se cambian líneas de código. A diferencia del cableado real en que se deben cambiar cables y equipos, como relés, temporizadores, controladores, etc.

**Registro:** Permite ir dejando la historia de las variaciones de una variable o condición de proceso, para después ser mostrada en gráficas de tendencias o informes.

**Monitoreo:** Es la parte más simple, pero de todos modos muy relevante. A través de la navegación por diferentes pantallas, se puede mostrar enorme cantidad de información en un PC en la sala de control.

**Comando remoto:** Controlar el proceso desde la sala de control.

**Manejo de condiciones de excepción o alarmas:** El sistema puede manejar las excepciones tan sofisticadamente como sea necesario. Normalmente se definen prioridades, de tal modo que las alarmas menos importantes sólo se registran para su posterior análisis. Las alarmas de media prioridad llaman la atención del operador en la pantalla y generan algún sonido suave, mientras que las alarmas más críticas pueden generar una alarma sonora que anuncia al operador que debe tomar una acción inmediata.

**Seguridad de acceso:** Es posible determinar qué usuarios tienen disponibles qué funciones. Se protegen con contraseña y se pueden también hacer registros de auditoría para saber quién entró al sistema y qué comandos ejecutó.

**Seguridad de operación:** Se logra a través de los enclavamientos necesarios, que evitan que determinado equipo funcione en condiciones inapropiadas para la seguridad de las personas, el proceso, o el propio equipo.

**Secuencias de operación:** Pueden programarse secuencias de operación, que pueden basarse en tiempo o en condiciones a cumplir. Esto facilita la tarea del operador, y disminuye la probabilidad de operaciones incorrectas.

**Distribución en redes:** Así como la información y comandos están disponibles en la sala de control, a través de las redes informáticas hoy pueden estar disponibles en cualquier punto de la planta, incluso en forma inalámbrica, o a través de internet en cualquier parte del mundo.

**Conectividad:** Debe decidirse si todos los equipos de control de la planta estarán comunicados y serán funcionalmente integrados, o si se mantienen ciertas islas. Lo mismo aplica con los sistemas de control que pudieran ser parte del suministro de equipos mayores, que incorporan su propio sistema.

**Instrumentación:** Si bien la instrumentación podría considerarse como externo al sistema de control, su definición es clave. Puede utilizarse instrumentación tradicional alambrada, en cuyo caso las señales análogas normalmente estarán en un rango de 4 a 20 mA, o pueden utilizarse lo que se llama buses de campo. En ese caso, toda la instrumentación se comunica al PLC a través de buses de comunicación digital. Esto hace posible que pueda rescatarse del instrumento mucha más información.

**Configuración y diagnóstico:** Dos aspectos complementarios de la función primaria. Por ejemplo, en el caso de instrumentación inteligente, a través de los buses de campo pueden realizarse todas las funciones de configuración y sofisticadas funciones de diagnóstico.

**Equipos eléctricos:** Al igual que la instrumentación, equipos como relés de protección de motores, también pueden comunicarse digitalmente, y aplican los mismos conceptos.

**Integración de otros sistemas:** Finalmente pueden integrarse al sistema de control central, sistemas autónomos o complementarios como podrían ser: sistema de circuito cerrado de televisión, sistemas de incendio (en este caso, manteniendo la seguridad necesaria), y otros. (Ximena, 2017)

### 3.3.2 PLC (Programmable Logic Controller)

Un PLC (Programmable Logic Controller o Controlador Lógico Programable) es un dispositivo electrónico digital que utiliza una memoria programable para almacenar instrucciones además de implementar funciones específicas tales como funciones lógicas, secuenciales, de temporización, de conteo y aritméticas para controlar máquinas y procesos en ambientes industriales operando en tiempo real.



**Imagen 2.** PLC V570.

**Fuente:** Unitronics.

El PLC trabaja atendiendo sus entradas y dependiendo de su estado conecta o desconecta sus salidas al proceso, cableadas directamente en los bornes de conexión del autómeta.

El usuario introduce un programa, normalmente vía software que proporciona los resultados deseados además de realizar funciones adicionales como depuración de programas, simulación, monitorización de control del autómeta. Los PLC son utilizados en muchas aplicaciones reales, casi cualquier aplicación que necesite algún tipo de control eléctrico necesita un PLC. (Ximena, 2017)

### **3.3.3 Sistemas de medición industrial**

Se denomina sistema a la combinación de dos o más elementos, subconjuntos y partes necesarias para realizar una o varias funciones. En los sistemas de medida, esta función es la asignación objetiva y empírica de un número a una propiedad o cualidad de un objeto o evento, de tal forma que la describa. Es decir, el resultado de la medida debe ser: independiente del observador (objetiva), basada en la experimentación (empírica), y de tal forma que exista una correspondencia entre las relaciones numéricas y las relaciones entre las propiedades descritas.

**Los objetivos de la medida pueden ser:** la vigilancia o seguimiento de procesos, como es el caso de la medida de la temperatura ambiente, de los contadores de gas y de agua, de la monitorización clínica, etc.; el control de un proceso, como en el caso de un termostato o el control de nivel de un depósito; y también puede ser una necesidad de la ingeniería experimental, como puede ser el estudio de la distribución de temperatura en el interior de una pieza irregular, o las fuerzas sobre un conductor simulado de un vehículo cuando este choca contra un objeto. (Ximena, 2017)

### **3.3.4 Transductores y sensores**

Se denomina transductor, en general, a todo dispositivo que convierte una señal de una forma física en una señal correspondiente pero de otra forma física distinta. Es, por tanto, un dispositivo que convierte un tipo de energía en otro. Esto significa que la señal de entrada es siempre una energía o potencia, pero al medir, una de las componentes de la señal suele ser tan pequeña que puede despreciarse, y se interpreta que se mide solo la otra componente.

Dado que hay seis tipos de señales: mecánicas, térmicas, magnéticas, eléctricas, ópticas y moleculares o químicas, cualquier dispositivo que convierte una señal de un tipo en una

señal de otro tipo debería considerarse un Transductor, y la señal de salida podría ser de cualquier forma física “útil”. En la práctica, no obstante, se consideran transductores por antonomasia aquellos que ofrecen una señal de salida eléctrica. Ello se debe al interés de este tipo de señales en la mayoría de los procesos de medida. Los sistemas de medida electrónicos ofrecen, entre otras, las siguientes ventajas:

- Debido a la estructura electrónica de la materia, cualquier variación de un parámetro no eléctrico de un material viene acompañada por una variación de un parámetro eléctrico. Eligiendo el material adecuado, esto permite realizar transductores con salida eléctrica para cualquier magnitud física no eléctrica.
- Dado que un proceso de medida no conviene extraer energía del sistema donde se mide, lo mejor es amplificar la señal de salida del transductor. Con amplificadores electrónicos se pueden obtener fácilmente ganancias de potencia elevadas en una sola etapa, a baja frecuencia.
- Además de la amplificación, hay una gran variedad de recursos, en forma de circuitos integrados, para acondicionar o modificar las señales eléctricas. Incluso hay transductores que incorporan físicamente en un mismo encapsulado parte de estos recursos.
- Existen también numerosos recursos para presentar o registrar información si se hace electrónicamente, pudiéndose manejar no sólo datos numéricos, sino también textos, gráficos y diagramas.
- La transmisión de señales eléctricas es más versátil que la de señales mecánicas, hidráulicas o neumáticas, y si bien no hay que olvidar que estas pueden ser más convenientes en determinadas circunstancias, como pueden ser la presencia de radiaciones ionizantes o atmósferas explosivas, en muchos casos estos sistemas han sido sustituidos por otros eléctricos.

Un sensor es un dispositivo que, a partir de la energía del medio donde se mide, da una señal de salida traducible que es función de la variable medida.

Sensor y transductor se emplean a veces como sinónimos, pero sensor sugiere un significado más extenso: la ampliación de los sentidos para adquirir un conocimiento de cantidades físicas que, por su naturaleza o tamaño, no pueden ser percibidas directamente

por los sentidos. Transductor, en cambio, sugiere que la señal de entrada y la salida no deben ser homogéneas. Para el caso en que lo fueran se propuso el término “modificador”, pero no tuvo aceptación.

La distinción entre transductor de entrada (señal física/señal eléctrica) y transductor de salida (señal eléctrica/presentación) está prácticamente en desuso. La tendencia actual, es emplear el término sensor para designar al transductor de entrada, y el término actuador o accionamiento para designar el transductor de salida. Los primeros pretenden la obtención de información, mientras que los segundos buscan la conversión de energía. (Ximena, 2017)

#### 4 ESTADO DEL ARTE

Cuando se recolectan el café en el cafetal, ya sea de la variedad Robusta o de la variedad Arábica, los granos tienen que experimentar un largo proceso hasta terminar en nuestras tazas de café. En dicho proceso, las cerezas o frutos del cafeto han de abrirse para sacar las semillas o granos, retirando la pulpa que las protege, mediante un proceso en húmedo o en seco, para que una vez terminado el proceso se obtenga un grano limpio, al que se llama café pergamino, café oro o grano miel, dependiendo del método que se haya utilizado.

Después se procede a retirar el pergamino o cáscara protectora del grano, dejando el grano totalmente limpio y listo para su tostado. Esa es la forma en que se suelen comercializar los granos de café a gran escala. A ese grano ya pelado y listo para exportar se le conoce como café verde. (Pablo, 2015)

Precisamente el procedimiento de tostado del café verde es clave para obtener una bebida de calidad. El tostado puede hacerse sin añadir ningún ingrediente al café, lo que se denomina tueste natural, o añadiendo azúcar a los granos del café, tostándolo mediante el procedimiento de torrefacto. Según se utilice uno u otro método de tueste se obtiene el grano de café natural y el grano de café torrefacto. (Angel, 2016)

El proceso de tostado del café debe ser lento y tener una pérdida máxima en peso de 16.5%. Es en éste punto es donde se puede percibir mejor las características organolépticas del café en sus diferentes sabores y aromas, resaltando todos los atributos que caracterizan el café de Colombia como el más suave del mundo. (Jesus, 2018)

Las variables básicas en el proceso de tueste del café son la temperatura y el tiempo en que ésta actúa. La temperatura no es constante, sino que varía a lo largo del proceso y los tiempos son inversamente proporcionales a la temperatura. Es difícil dar pautas generales pues intervienen: Las características técnicas de las instalaciones industriales empleadas y Tostado y molido del Café las distintas tecnologías utilizadas por cada fabricante. (Albert, 2018)

La temperatura de tueste depende del tipo de máquina de tostar, del tiempo de tueste y de la intensidad del color final requerido. En una primera fase se seca la humedad del

café y es la fase que influye menos en el gusto final. En una segunda fase se origina la expansión de las celdillas del grano de café y empieza la creación de los gases. La tercera fase debe ser más lenta pues es la que confiere básicamente el gusto final al producto.

Oscila entre un minuto y un máximo de 25 o hasta 30 minutos, según sistemas:

**Sistema lento:** de 15 y hasta 20 minutos, es muy apreciado por los tostadores artesanos. Se consigue así un grano con un color oscuro y uniforme, bonito, con una óptima presencia para ser vendido al detalle y en grano. (José, 2013)

**Proceso rápido:** de 1 a 3 minutos, tiene detractores que le achacan que produce menos calidad que el sistema anterior. Con él se obtiene menos merma al tostar -se gana alrededor de un 2% y se utiliza principalmente para tostar los cafés de calidades inferiores, normalmente vendidos molidos. El sistema de tueste rápido se aplica en países nórdicos y no es que produzca una menor calidad, sino que da un resultado al gusto local; allí no es aceptado el tueste tipo español pues le encuentran un exceso de acidez y agresividad en el paladar, aunque al utilizar normalmente el doble de agua por unidad de café, queda más diluido. (Joseph, 2016)

Seguido del tostado del grano de café viene La molienda, que consiste en reducir el grano de café tostado a polvo, utilizando para ello un molino. El objetivo de la molienda es obtener partículas de café de menor tamaño con el fin de incrementar la superficie de contacto con el agua. El grosor de los granos de café molidos tiene por tanto un impacto importante en la elaboración de la bebida. Aunque a día de hoy se puede comprar el café molido en cualquier tienda de alimentación o supermercado, hay muchos consumidores que prefieren molerlo ellos mismos, y sin embargo no es tan fácil de encontrar el café en grano en este tipo de comercios. Y es que moliendo los granos de café justo antes de utilizarlos para preparar la infusión se obtienen los mejores resultados, ya que es la manera en que mejor se conserva todo el aroma y sabor. (Federico, 2017)

Un sistema de pesaje para su tanque o tolva le permite visualizar el peso de su contenido y una gran variedad de funciones que potencializará sus procesos productivos.

La capacidad máxima a pesar se determina en base al peso del producto y el peso del tanque o tolva, considerando todos sus accesorios. Conocer el estado físico del

producto, es de gran utilidad para establecer las condiciones del proyecto. Si el tanque o tolva está suspendido o apoyado sobre superficie, define el tipo de celda, adicional el número de puntos de apoyo o sujeción nos permite establecer la cantidad de celdas a utilizar; la capacidad de dichas celdas se definen en base al peso máximo a pesar, siendo este el peso del tanque o tolva mas el peso del contenido (producto), así como un respectivo margen de seguridad. (Leopoldo, 2019)

Es importante que no existan conexiones rígidas por la parte externa, ya que limitan la precisión de los pesajes e impiden el correcto funcionamiento. Si el tanque o tolva es abierto o cerrado es uno de los aspectos a considerar en el margen de seguridad, ya que la caída del producto en el mismo afecta la fuerza ejercida a las celdas de carga. (Juan, 2014)

El tipo de ambiente, si es húmedo, con polvo, corrosivo, con riesgo de explosión o vibración, son factores a tomar en cuenta para la selección de los componentes del sistema, celdas de carga e indicador de peso. Sucede lo mismo con la temperatura de trabajo y clasificación de protección requerida. (Luis, 2013)

Una vez establecida, la estructura básica del sistema de pesaje, se debe definir la funcionalidad y operación del mismo. Algunas de estas son la comunicación a una PC o un PLC, así como si se desea implementar un transmisor de pesos o un indicador con funciones específicas, en el caso particular de los buses de datos, se puede seleccionar entre una gran variedad, como son Ethernet TCP/IP, RS-232, RS-485, modbus TCP, Profinet IO, Profibus DP, entre otros. En caso de requerir dosificación o formulación automática, es importante definir cuantas fórmulas se realizarán y cuantos ingredientes requiere cada una, además de conocer si la dosificación debe ser grueso o fino; es importante saber a detalle lo que se espera de la dosificación automática. En caso de requerirse una impresora o etiquetadora, hay que precisar los elementos a contener en el impreso. (Roger, 2011)

## **5 METODOLOGIA**

### **5.1 Ensayos internos de análisis de parámetros de calidad**

El criterio de aceptación o rechazo de café verde tipo consumo I, consumo II y pasilla para uso industrial, está determinado por los métodos aplicados por el laboratorio de control de calidad de INVERSIONES GALAVIS S.A.S., descritos en este procedimiento. Los resultados obtenidos de los ensayos son registrados en el Formato de Producción Regulador (FPR); el cual para este tipo de ensayos vendría siendo: FPR.17 registro de análisis de calidad de muestra testigo.

#### **5.1.1 Determinación del tamaño de los granos de café verde (Granulometría)**

El enfoque de este ensayo radica en la determinación del tamaño de los granos del café verde por un tamizado manual, con un juego de tamices N° 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18 que retienen los granos según su tamaño. Posteriormente, con los granos retenidos en cada tamiz, se realizan los ensayos de “Determinación de defectos y granos aprovechables” y “Determinación de ripio dentro de la muestra testigo”. Las especificaciones para el desarrollo este ensayo se muestran en el anexo D.

#### **5.1.2 Remoción y pesaje de los granos de café en cada tamiz**

Retirar todos los granos de cada tamiz por separado de la siguiente forma:

- Coloque la tapa sobre el tamiz respectivo y retírelo del juego de tamices.
- Haciendo presión a la tapa metálica coloque boca abajo el tamiz y empuje hacia abajo los granos retenidos en los orificios.
- Vacíe los granos en el mesón y clasifíquelos en “granos aprovechables” y “granos con defectos e impurezas”.
- Pese los granos de café retenidos para cada tamiz y tome nota de estos datos. Repita los pasos anteriores para todos los tamices utilizados (Del 18 al 12).



**Imagen 3.** Grano de café retenidos en cada tamiz.  
**Fuente:** Autor

## **5.2 Determinación del contenido de defectos mayores y granos aprovechables.**

De la muestra de café verde retenida en cada tamiz, se separan los granos que presenten defectos mayores cuya suma representan el porcentaje máximo de defectos permitidos del grano.

### **5.2.1 Defectos originados en el fruto de café (Cualitativo)**

- **Pedazo de pergamino:** Fragmento del endocarpio seco (pergamino).
- **Grano partido:** Fragmento de un grano de café con volumen igual o mayor a la mitad de un grano.
- **Grano malformado:** Grano de café cuya forma anormal lo hace distinguible
- **Grano infestado por insectos vivos:** Grano de café que contiene uno o más insectos vivos, en cualquiera de sus etapas de desarrollo
- **Granos infestados por insectos muertos:** Grano de café que contiene uno o más insectos muertos o fragmentos de insectos
- **Grano dañado por insectos:** Grano de café dañado interna o externamente por el ataque de insectos. Se pueden apreciar los pequeños orificios, causados por el ataque de insectos como el gorgojo y la broca.



**Imagen 4.** Grano de café dañado por insectos.

**Fuente:** Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2013.

- **Grano negro:** Grano con coloración del pardo al negro, encogido, arrugado, cara plana hundida y hendidura muy abierta. Se pueden presentar por falta de agua durante el desarrollo del fruto, fermentaciones prolongadas, cerezas sobremaduras recogidas del suelo, malos secados o re humedecimientos.



**Imagen 5.** Grano de café negro.

**Fuente:** Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2013.

- **Grano inmaduro:** Grano de color verdoso o gris claro, la cutícula no desprende, superficie marchita, tamaño menor que el normal, en este grupo se incluye el grano del paloteo.



**Imagen 6.** Grano de café inmaduro.

**Fuente:** Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2013.

- **Grano vinagre:** Grano con coloración de la crema al carmelita oscuro, hendidura libre de tegumentos, película plateada puede tender a coloraciones pardo rojizas.



**Imagen 7.** Grano de café vinagre.

**Fuente:** Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2013.

- **Grano esponjoso:** Grano de café cuya consistencia es semejante a la del corcho, es decir, cuyos tejidos se pueden hundir por presión con la uña del dedo, y suele tener un color blanquizco.
- **Grano hediondo:** Grano hediondo o Stinker, es aquel grano que recién cortado expide un olor desagradable, este grano puede ser parduzco o tener un aspecto seroso.
- **Grano veteado:** Grano con parches; presenta parches irregulares verduzcos, blanquizcos o a veces amarillos. Se presenta a causa del Re humedecimiento después del proceso de secado.



**Imagen 8.** Grano de café veteadado.

**Fuente:** Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2013.

- **Grano averanado:** Grano de café que aparece arrugado y de peso liviano. Se produce a causa del desarrollo pobre del cafeto ya sea por sequía, o debilidad del cafeto por falta de fertilizantes.



**Imagen 9.** Grano de café Averanado.

**Fuente:** Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2013.

- **Grano enmohecido:** Grano de café que presenta crecimiento de moho o evidencia de ataque de moho a simple vista.
- **Grano mordido o picado:** Grano de café procesado por vía húmeda, cortado o mordido durante el despulpado, a menudo con manchas pardas o negruzcas. Sus principales causas son el despulpado con máquina mal ajustada o camisa defectuosa y la recolección de cerezas verdes



**Imagen 10.** Grano de café Picado.

**Fuente:** Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2013.

- **Grano media cara:** Café pergamino seco para trilla que tiene adherido la mitad de su exocarpio (pulpa).
- **Grano decolorado reposado:** Todo grano de café que ha sufrido alteración en su color natural, tomándose de colores blanco, amarillo, gris oscuro o con vetas y que resalta contrastando con la muestra local. Comprende los granos veteados, reposados, ámbar o mantequillo, sobre secado o quemado. Suele producirse por las malas condiciones de almacenamiento.



**Imagen 11.** Grano de café Decolorado.

**Fuente:** Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2013.

- **Grano cardenillo:** Grano de café almendra con manchas de color amarillo naranja, ocasionado por hongos *A + tamaritii* y *penicillium spp.*



**Imagen 12.** Grano de café Cardenillo.

**Fuente:** Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2013.

- **Grano cristalizado:** Grano de café almendra, de color gris azulado; producido por exceso de temperatura durante el secado. El grano es quebradizo al golpearlo. Se produce por el manejo de altas temperaturas en el secado (más de 50°C).



**Imagen 13.** Grano de café Cristalizado.

**Fuente:** Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2013.

- **Grano aplastado:** Originado por el maltrato en el secado o en el proceso de trilla; por ejemplo cuando se Pisa el café durante el proceso de secado, o se realiza la trilla con café humedecido.



**Imagen 14.** Grano de café Aplastado.

**Fuente:** Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2013.

- **Grano flojo:** Grano de café de color gris oscuro, de textura blanda originada por mal secado.



**Imagen 15.** Grano de café Flojo.

**Fuente:** Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2013.

- **Grano decolorado ámbar o mantequillo:** Grano de color amarillo translúcido, esto debido a la deficiencia de hierro en el suelo.



**Imagen 16.** Grano de café Ámbar.

**Fuente:** Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2013.

- **Grano sobre secado:** Grano de color ámbar o ligeramente amarillento, se produce a causa de un aumento en el tiempo o temperatura de secado.



**Imagen 17.** Grano de café Sobre secado.

**Fuente:** Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, 2013.

### 5.2.2 Clasificación de defectos

- Esparza los gramos de café verde retenidos en cada malla por separado, sobre un manto negro o naranja, bajo luz artificial.



**Imagen 18.** Esparcimiento de los granos de café.

**Fuente:** Autor

- Seleccione, separe y clasifique manualmente los granos con defectos en recipientes, de los granos aprovechables o buenos.



**Imagen 19.** Clasificación manual de los granos de café.

**Fuente:** Autor

### 5.2.3 Pesaje del grano defectuoso y aprovechable

- Encienda la balanza oprimiendo el botón power del equipo.
- Ubique la bandeja plástica vacía en la balanza y oprima el botón tare del equipo.
- vierta los granos defectuosos en la bandeja plástica y para que se visualice en el display digital el peso de dichos granos.



**Imagen 20.** Pesaje del grano defectuoso y aprovechable.

**Fuente:** Autor

### 5.2.4 Cálculo del porcentaje de grano defectuoso y aprovechable

Registrar los resultados obtenidos en el pesaje del Grano defectuoso y aprovechable en la hoja de cálculo de Excel “registro de cálculo de parámetros”, para determinar

matemáticamente los porcentajes de defectos de la muestra testigo. Los resultados obtenidos en este ensayo se registran en el formato fpr.17 registro de análisis de calidad de muestra testigo.

$$\% \mathbf{X_i} = (\mathbf{M_i} / \mathbf{M_t} ) *100\%$$

**Ecuación 1.** Porcentaje de grano defectuoso y aprovechable.

**Fuente:** Autor

- **Xi**= Porcentaje peso de defectuosos o aprovechables, dentro de la muestra analizada.
- **Mi** = Peso total del grano (defectuoso o aprovechable) retenido en cada tamiz, expresado en gramos.
- **Mt** = Peso real de la muestra utilizado al momento de realizar el ensayo de granulometría.

### **5.2.5 Determinación del contenido de ripio**

Luego de haber realizado los ensayos de granulometría y determinación de defectos, se calcula el contenido de ripio que pasa por la malla 12 y queda en la base del juego de tamices. Las especificaciones para el desarrollo este ensayo se muestran a continuación:

- Al cabo de 2 minutos, tome la fracción recolectada en el fondo del juego de tamices y viértala sobre una bandeja metálica, para su pesaje.
- Encienda la balanza oprimiendo el botón del equipo power
- Ubique la bandeja plástica en la balanza y oprima el botón tare del equipo.
- Vierta el ripio sobre la bandeja plástica, y espere unos segundos para que se visualice en el display digital el peso del ripio.



**Imagen 21.** Determinación del contenido de Ripio.  
Fuente: Autor

### 5.2.6 Cálculo del Porcentaje de Ripio

$$X_i = (M_i / M_T) * 100\%$$

**Ecuación 2.** Porcentaje de ripio.  
Fuente: Autor

- **X<sub>i</sub>**= el porcentaje en peso del ripio, dentro de la muestra analizada.
- **M<sub>i</sub>** = el peso del ripio que queda en la base del juego de tamices, expresado en gramos.
- **M<sub>t</sub>**= el peso real utilizado al momento de realizar el ensayo de granulometría.

Calcular el porcentaje de ripio y registrar los resultados obtenidos en la hoja de cálculo de Excel “registro de cálculo de parámetros”. Los resultados obtenidos en este ensayo se registran en el formato fpr.17 registro de análisis de calidad de muestra testigo.

### 5.3 Determinación del contenido de humedad

No hay una norma ideal sobre el grado de humedad. No todo los cafés son iguales, y las circunstancias varían de un país a otro. En general, un grado de 11 % es probablemente un buen objetivo para la mayoría de cafés. En todo caso, los tostadores insisten cada vez más en que al arribo el café no supere un grado de humedad máximo. El café cuyo grado de humedad es superior al 12.5 % no debe embarcarse nunca.

Utilice siempre medidores de humedad calibrados correctamente y comprobarlos periódicamente antes de cada temporada. En caso de duda sobre el porcentaje exacto, es mejor sacar el café un poco antes que dejar que se seque demasiado. Esto es especialmente recomendado si se dispone de cobertizos de almacenaje buenos o, mejor todavía, de recipientes o silos ventilados. Éste procedimiento se encuentra descrito en el anexo E.

#### 5.4 Determinación de la densidad

La densidad es la proporción entre la masa de café verde y el volumen que ocupa (masa por unidad de volumen). Para la realización de este ensayo se utiliza un recipiente cilíndrico plástico rígido al cual se le determina el volumen para calcular la densidad del grano de café verde. Las especificaciones para el desarrollo este ensayo se muestran a continuación:

- Encienda la balanza oprimiendo el botón power del equipo.
- Ubique el recipiente cilíndrico en la balanza y oprima el botón tare del equipo.
- Vierta libremente los granos de café verde en el recipiente cilíndrico hasta el borde superior del recipiente.



**Imagen 22.** Cálculo de la densidad.

**Fuente:** Autor

Para calcular la densidad de los granos de café, se registran el peso obtenido en la hoja de cálculo de Excel “registro de cálculo de parámetros”, la cual fue diseñada para determinar matemáticamente la densidad de la muestra analizada. Los resultados obtenidos en este ensayo se registran en el formato FPR.17 registro de análisis de calidad de muestra testigo.

$$\text{Densidad} = \text{Gramos pesados de café} / \text{Volumen del cilindro} = \text{Gr/m}^3$$

**Ecuación 3.** Cálculo de la densidad.

**Fuente:** Autor

#### 5.5 Análisis externos de parámetros de calidad

Una vez al año y/o cuando se realice cambio de proveedor de materia prima, el coordinador de producción y control de calidad del producto y/o responsable asignado,

toma una muestra del producto terminado para ser enviado al proveedor contratado quien se encargará de realizar análisis de micotoxina y análisis de pesticidas. En el caso de necesitar especificaciones para la toma de muestras se debe tener en cuenta el instructivo de recolección enviado por el proveedor contratado.

## **5.6 Alistamiento de material**

Antes de comenzar cualquier operación física y química de café verde variedad arábica en planta de producción, es necesario verificar si se cuenta con las herramientas requeridas y si están en buen estado. El propósito es evitar que se presenten retrasos en las etapas de procesamiento. Las siguientes son recomendaciones importantes para garantizar el alistamiento del material:

- Dependiendo de la producción y el tiempo de cargue, es necesario contar con por lo menos dos (2) operarios de producción y mantenimiento de maquinaria (ayudantes) y cuatro (4) carretas para el traslado de la materia prima del área de almacenamiento al área de pesaje.
- La verificación del material al inicio de la jornada es una actividad que está bajo responsabilidad del supervisor de operarios, por su parte el coordinador de producción y control de calidad del producto es el responsable de que la báscula digital utilizada para pesaje de materia prima esté en buen funcionamiento y debidamente calibrada.
- El tiempo estimado para la operación de verificación no debe ser mayor a los 10 minutos.

### **5.6.1 Pesaje de materia prima en la báscula digital**

Una vez trasladados los bultos de café al área de pesaje, se procede a realizar el descargue de la materia prima verificando lo siguiente:

- El supervisor de operarios establece la mezcla de los lotes de café dependiendo de sus calidades y cantidades.
- Asignar a dos (2) operarios de producción y mantenimiento de maquinaria para que descarguen y transporten el número de sacos requerido (de aproximadamente 60 kg) al área de pesaje de materia prima.

- Cada operario de producción y mantenimiento de maquinaria debe tener puesto los EPPS de forma correcta.
- Dependiendo de la producción, por cada descargue del lote, se estima un tiempo entre 5 a 10 minutos máximo para el pesaje. (proporcionándole a la técnica de descargue el tiempo correcto para evitar lesiones en el operario).
- Se recomienda dejar lista la pesada de producción en horarios que van desde las 17:00 pm a 18:00 pm del mismo día finalizando la producción, o al día siguiente antes de empezar labores entre 06:00 am a 07:00 am.



**Imagen 23.** Vista de la báscula digital para el pesaje de la materia prima  
**Fuente:** Autor

### **5.6.2 Cargue del lote debidamente pesado**

Una vez pesado el lote de materia prima en la báscula digital, se deben verificar los siguientes aspectos:

- No debe haber ningún objeto extraño sobre la báscula para evitar alteraciones del peso.
- El coordinador de producción y control de calidad del producto registra el peso del lote en el formato fpr.02 verificación y registro de pesaje y adiciona o repone los kg de café a razón del tare del empaque de fique (600 gramos por saco vacío).
- Debe autorizarse el cargue del café en sus respectivas carretas, de forma tal que no ocurran lesiones.
- Se estima un tiempo para cargue entre 5 a 10 minutos como máximo.

- Se debe ubicar la carreta con el cargue de forma secuencial para entrar al proceso de tostado.



**Imagen 24.** Transporte de la materia prima, previamente pesada.  
**Fuente:** Autor

### 5.7 Tostado de materia prima (café verde)

Para realizar el tostado, se debe cumplir con las siguientes condiciones de calidad en el producto:

NO.	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	REGISTRO
1	Verificar la limpieza de la máquina tostadora. Realizar una inspección de cada uno de los componentes de la máquina y limpiarlos de ser requerido.	Supervisor de Operarios	FPR.04 control y verificación de jornada de limpieza – desinfección
2	Aplicar el control de funcionamiento a la maquina tostadora. Verificar las variables a controlar para asegurar el correcto funcionamiento de la máquina, registrar los resultados y observaciones en el formato establecido.	Supervisor de Operarios	FPR.03 control de funcionamiento maquinaria
3	Verificar los resultados obtenidos. El coordinador de producción y control de calidad del producto verifica la validez de la información y el correcto diligenciamiento de los formatos FPR.04 control y verificación de jornada de limpieza - desinfección	Coordinador de Producción y Control de Calidad del Producto	FPR.04 control y verificación de jornada de limpieza - desinfección

NO.	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	REGISTRO
	y FPR.03 control de funcionamiento maquinaria y firma, estos registros como evidencia de esta acción.		FPR.03 control de funcionamiento maquinaria

**Tabla 1.** Recomendaciones para iniciar el proceso de tostado.

Fuente: Autor

El café en verde es depositado en un sistema de noria para ser elevado a la tolva de alimentación de la tostadora para su posterior transformación. Seguidamente se da inicio al proceso de Tostado de café por deshidratación del grano mediante calor hasta lograr su punto de Tostado, el cual es establecido por la empresa.

Por un lapso de tiempo de 5 minutos aproximadamente el café se somete a una reducción de temperatura. De allí es elevado por un sistema de succión hasta la primera tolva donde se realiza la primera depuración que consiste en la separación de impurezas.

El café tostado limpio desciende nuevamente hasta el nivel del piso y es nuevamente elevado a la segunda tolva donde se lleva a cabo una segunda depuración con un juego de imanes y desciende nuevamente por unas bombas de alta presión para ser elevado a través de una tubería cilíndrica hasta la tolva principal, desde donde baja por efecto de gravedad hacia los molinos.

Es importante tener en cuenta que, durante el proceso de tostado y enfriado, el grano desprende un “endospermo” el cual es transportado por medio de un sistema de succión hacia el peletizador en donde ocurre el moldeado de este evitando así sacar al exterior material particulado.

## **5.8 Pesaje de café tostado**

Una vez realizado el proceso de tostado del café, éste es trasladado en costales para realizar un pesaje del producto en proceso, con la finalidad de validar la cantidad de café que será enviado al proceso de molienda. Lo anterior se realiza con el fin de tener un punto de seguimiento y control a las cantidades de pesos y porcentajes de merma establecidos por la empresa.

## 5.9 Molienda de café tostado

La molienda se lleva a cabo con dos sistemas paralelos de molinos una parte se procesa en los molinos granuladores y el restante se procesa en los molinos de disco. El grano molido es trasladado posteriormente de forma mecánica hacia un sistema de vibración (zaranda) donde se efectúa la tercera depuración para eliminar las partículas restantes.

### 5.9.1 Especificaciones para el transporte del café molido hacia las máquinas empacadoras

Molinos Granuladores	Molinos de Disco
Los molinos granuladores se encuentran conectados a una noria que transporta el café por un sistema de cucharas hacia el mixer donde se hace la unificación del producto para ser transportado por medio de un sistema mecánico (tornillo sinfín) hacia las tolvas de las máquinas empacadoras	Los molinos de disco se encuentran conectados directamente al mixer donde se hace la unificación del producto para ser transportado por medio de un sistema mecánico (tornillo sinfín) hacia las tolvas de las máquinas empacadoras.

**Tabla 2.** Recomendaciones para el transporte del café tostado.  
**Fuente:** Autor

Para realizar la molienda asegurando las condiciones de calidad en el producto, el Operario de Producción y Mantenimiento de Maquinaria asignado debe seguir las especificaciones establecidas en el Instructivo de Producción Regulador, el cual vendría siendo específicamente el IPR.03 molienda del café.

### 5.10 Empacado de café (tostado y molido).

En este proceso, el grano tostado y molido es transportado desde el mixer hacia las tolvas de las máquinas empacadoras y se hace el empaque del café en las diferentes presentaciones de acuerdo con su peso (2.500 gr, 500 gr, 250 gr, 125 gr, 50 gr, y 25 gr). Para realizar este proceso asegurando las condiciones de calidad en el producto se debe:

NO.	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	REGISTRO
1	Verificar la limpieza y “precalentamiento” de la máquina empacadora. Realizar una inspección visual de cada uno de los componentes de la máquina y limpiarlos de ser requerido, precalentar las resistencias para asegurar el correcto sellado de los empaques.	supervisor de operarios	FPR.04 control y verificación de jornada de limpieza – desinfección
2	Aplicar el control de funcionamiento a la maquina empacadora. Verificar las variables a controlar para asegurar el correcto funcionamiento de la máquina, registrar los resultados y observaciones en el formato establecido y firmar este registro como evidencia del desarrollo de esta actividad.	operario de producción y mantenimiento de maquinaria (empacador)	FPR.03 control de funcionamiento maquinaria
3	Verificar los resultados obtenidos. El coordinador de producción y control de calidad del producto verifica la validez de la información y el correcto diligenciamiento de los formatos FPR.04 control y verificación de jornada de limpieza - desinfección y FPR.03 control de funcionamiento maquinaria y firma estos registros como evidencia de esta acción.	coordinador de producción y control de calidad del producto	FPR.04 control y verificación de jornada de limpieza - desinfección  FPR.03 control de funcionamiento maquinaria

**Tabla 3.** Recomendaciones para el empackado del café molido.

**Fuente:** Autor

El producto terminado es debidamente reempacado por kilogramos en bolsas plásticas transparentes y entregado al coordinador de logística quien es el responsable de su distribución y despacho. El coordinador de logística verifica la correspondencia del formato FPR.05 orden de producción y entrega de producto terminado con las cantidades y presentaciones recibidas. Finalmente el supervisor de operarios y el coordinador de logística firman el respectivo formato como una evidencia del desarrollo de esta validación.

## 5.11 Control de peso real del producto

El aseguramiento de la calidad del producto final, debe ser inspeccionado durante la trazabilidad del mismo realizando controles en su elaboración. El peso declarado en la etiqueta es un procedimiento de rutina donde se constata que el producto final pesa lo que realmente declara. Este procedimiento se basa de acuerdo a lo establecido en la Resolución 16379 del 18 de Junio de 2003, donde se especifican las siguientes variables fundamentales propias de la empresa:

### 5.11.1 Tara del empaque

La tara se define como el peso real del empaque que contiene cada presentación de café. La tara varía según la presentación del producto siguiente manera:

PRESENTACIÓN DE CAFÉ	TARA EMPAQUE
25 gr	0,7 gr
50 gr	1,4 gr
125 gr	2,0 gr
250 gr	3,3 gr
500 gr	4,5 gr
284 gr	17 gr
1000 gr	20 gr
2500 gr	29 gr

**Tabla 4.** Peso de cada presentación de empaque.

Fuente: Autor

### 5.11.2 Peso real del producto

Después del proceso de desgasificación del café, es posible obtener el peso del contenido real del producto terminado realizando una validación del peso real menos el peso de la tara teniendo en cuenta lo siguiente:

- El análisis se basa en la verificación del peso real del producto terminado en una báscula con gramaje 0,1

- La muestra para el análisis para cada presentación se toman aleatoriamente durante (1) una hora de producción
- Cada presentación se analiza de forma independiente teniendo en cuenta: 1) Realizar el pesaje de entre 50 muestras a 125 muestras dependiendo de la orden de producción. en la báscula se registra el peso en el formato FPR.19 control de peso del producto.
- El control de peso del producto se realizará una vez a la semana, incluyendo productos terminados independientemente del día de producción.
- El formato fpr.19 control de peso del producto me determina las siguientes nueve (9) variables para dar como concepto la liberación del lote producido, las cuales son: peso leído en bascula, tara del empaque ( por presentación), contenido real, error individual, tolerancia en %, tolerancia en gramos, error tipo 1, error tipo 2, contenido promedio.



**Imagen 25.** Control de Peso Real Del Producto.

**Fuente:** Autor

## **5.12 Tipo de investigación en el diseño del sistema de pesaje**

Este proyecto tendrá una investigación descriptiva y conceptual, porque describirá la variable del peso de café tostado que hay en la tolva de almacenamiento, la cual se supervisará mediante una pantalla. Pero además, comparará el impacto en la productividad cuando se implemente el sistema si así lo determina la empresa.

### **5.12.1 Población**

Tolvas de almacenamiento de 250 kg y 1500 kg, de café tostado, de la planta de producción, de la empresa Inversiones Galavis S.A.S., ubicada en la zona industrial de la ciudad de Cúcuta, Colombia.

### 5.12.2 Muestra

Tolva de almacenamiento de 1500 kg, de café tostado, de la línea de producción N° 2, de la planta de producción, de la empresa Inversiones Galavis S.A.S., ubicada en la zona industrial de la ciudad de Cúcuta, Colombia.

### 5.12.3 Instrumentos para la recolección de información

- Observación directa en la planta de producción.
- Entrevistas abiertas y estructuradas a los operarios, al supervisor de producción, al coordinador de producción y al gerente de la empresa.
- Tesis de grado.
- Artículos científicos.
- Catálogos y manuales de fabricantes.
- Libros de automatización industrial.

### 5.12.4 Actividades metodológicas

**Actividad:** Recolectar información del procedimiento actual de pesaje de café tostado.

**Metodología:** Entrevistas abiertas y estructuradas a los operarios, al supervisor de producción, al coordinador de producción y al gerente de la empresa Inversiones Galavis S.A.S.

**Actividad:** Consultar los métodos de pesaje para sólidos granulados almacenados en tanques, tolvas y silos.

**Metodología:** Consultas en bases de datos de artículos científicos. Consulta en textos especializados de sensores, instrumentación industrial y automatización industrial y sistemas de supervisión y control.

**Actividad:** Diseñar el programa que permita el funcionamiento del sistema de pesaje.

**Metodología:** Entrevistas a los operarios, al supervisor de producción, al coordinador de producción y al gerente de la empresa Inversiones Galavis S.A.S. sobre el diseño de la interfaz.

## **6 ANALISIS DE RESULTADOS.**

### **6.1 Tamaño del grano de café**

Los granos de tamaño inferior y ligeros en un lote son una consecuencia directa de una separación inadecuada por tamaños y densidad, realizada en parte durante el proceso primario, pero más generalmente durante el beneficio seco. Una abundancia de granos pequeños y ligeros no solamente perjudica el aspecto verde del café, sino también que los granos grandes y pequeños, o pesados y ligeros cuando están juntos, no se tuestan bien. Esto se debe a que los granos pequeños y ligeros se tostarán demasiado durante el tiempo que necesitan los granos más grandes y pesados. Hay límites estrictos para la proporción de granos pequeños y ligeros que los tostadores pueden tolerar en el café de grano entero; si un café supera la tolerancia fijada por la empresa en cuanto a los granos pequeños y ligeros, entonces se desecha el lote.

No todas las clasificaciones de tamaño son precisas; es por esta razón que la precisión de la clasificación debería verificarse periódicamente, utilizando el juego de tamices manuales para diferentes tipos de muestras tomadas dentro de la planta.

Al clasificar un tipo de café de grano entero debe tenerse en cuenta que algunos granos muy grandes quizá no sean especialmente atractivos, porque a menudo son granos blandos o deformados. Estos granos son especialmente visibles cuando están tostados.

Una manera fácil de verificar rápidamente si un lote corresponde con la muestra de venta es comprobar el tamaño del café y la composición de la densidad. Es por ello que se pasan 100 g o 200 g de la muestra original y de la muestra de producción sobre tamices con un tamaño de malla adecuado y se comparan los porcentajes. Este mismo paso se hace con los granos ligeros. Muchos lotes parecen que cumplen visualmente pero fallan cuando se hace esta simple prueba.

### **6.2 Densidad del grano de café.**

Granos ligeros, cáscaras u orejas y granos quebrados son granos o partes de grano que son sensiblemente más ligeros de peso (es decir menos densos) que el grano promedio en una clasificación de tamaño determinado. Un grano pequeño pero sólido pesará menos que uno grande, pero de esto no concluye automáticamente que sea un grano ligero. Los

granos ligeros se deben a menudo a causas naturales como la sequía, la fatiga del cafeto o a haber recolectado las cerezas inmaduras. Todo esto da granos deformados, encogidos o blandos. La rotura de los granos durante el descascarado y otros pasos de procesamiento (incluido un secado excesivo) dan cáscaras, orejas, granos quebrados, fragmentos, etc. Estos granos y fragmentos perjudican el aspecto del grano verde. Causan problemas semejantes a los granos pequeños en las clasificaciones de granos grandes y rebajan muy definitivamente la calidad de la bebida.

Los granos ligeros y quebrados no solamente reducen el aroma, la acidez y el cuerpo de un café sino que a menudo introducen también un gusto insípido, común u ordinario. Pueden convertir una bebida con potencial fino en una bebida mediocre. Por lo tanto, una separación de densidad adecuada es de suma importancia, especialmente cuando los granos de café que deben ingresar a la producción son por naturaleza algo heterogéneo (irregular).

### **6.3 Humedad en el grano de café**

Aunque se puedan sentir secos los granos de café verde que están listos para tostar, todavía contienen humedad. Cualquier cantidad de líquido esparcido en pequeñas cantidades dentro de un sólido cuenta como contenido de humedad.

La Organización Internacional del Café dice que los granos de café verde secos deben tener un contenido de humedad de 8% a 12,5%, con la excepción de los “café de especialidad que tradicionalmente tienen un alto contenido de humedad, ej. Café de la India Monsooned “(Resoluciones 407, 420). Sin embargo, eso no significa que un contenido de humedad del 9% sea un buen porcentaje para el café de especialidad.

Los buenos niveles de contenido de humedad permiten altas puntuaciones en catación, acidez equilibrada y un gran aroma. Hay un debate sobre cuál es el mejor nivel de humedad, pero 10%-12% es aceptado generalmente.

Independientemente del porcentaje final, si la humedad es estable, los granos de café retendrán esa humedad hasta el tueste. Ciertos cambios climáticos podrían causar una pérdida adicional de humedad. Sin embargo, no hay una amenaza real a menos que

algunas gotas de agua empiecen a caer sobre el café ya en bolsas. Infortunadamente, esto está fuera del control de alguien.

Ya que el café se comercializa por peso, la humedad juega un papel delicado en la cantidad de dinero que puede hacer un saco.

La higiene es una preocupación también. Los hongos y moho crecen cuando hay demasiada humedad. Los granos mohosos también se conocen como stinkers, y estos defectos pueden arruinar todo un tueste. El almacenamiento limpio y eficiente del café debe reducir el riesgo de moho. Sin embargo, para eliminarlo completamente, seca los granos correctamente.

#### **6.4 Tostado del café**

Antes de iniciar el proceso de tostado de café se debe contar con un equipo para la medición de la temperatura de tueste, dicho equipo debe ser una fuente confiable de información, la empresa aparte de las termocúplas que contiene la maquina tostadora en sí, hace uso de un termómetro infrarrojo; El cual es llevado a la ciudad de Bogotá para su posterior calibración. La calibración de este equipo se hace con un tiempo periódico de aproximadamente tres meses; Esto con el fin de asegurar que los datos presenten la mayor exactitud y confiabilidad posible. Para revisar los detalles de dicha calibración ver anexo G.

Una de las primeras etapas es cuando el grano pierde humedad, y empieza a ganar temperatura; luego viene en si el proceso de tostado, en el que se llevan a cabo las diferentes reacciones químicas y físicas. Y por último se presenta el enfriado, cuyo objetivo es detener estas reacciones una vez obtenido el tueste deseado. La primera etapa es conocida también como de deshidratación debido a que el grano alcanza la temperatura de ebullición del agua.

En la primera etapa se presentan cambios como el color de los granos, de un verde brillante a un amarillo pálido debido a la deshidratación, pues el contenido de agua disminuye de un 90 a un 70%, y sensorialmente percibimos un aroma tipo pan y cereales.

A los 160 °C comienzan las reacciones de pirolisis, su inicio se indica por un tronido, que es provocado por la evaporación del agua dentro del grano, lo que aumenta la presión

interna del mismo. En ese momento el grano se agrieta desde su centro; se produce CO<sub>2</sub>, debido a la oxidación de los carbohidratos.

Los granos cambian de un color amarillo pálido e incrementan su tamaño, lo que produce el desprendimiento de la película.

Dentro de las células del grano existe una hidrólisis de compuestos, lo que produce polisacáridos solubles en el agua, que con el paso del tiempo se van caramelizando, originan el cambio de color del grano y contribuyen a las cualidades aromáticas del café. Si el café se tuesta a gran velocidad, la astringencia será mayor, pues no se alcanzan a llevar a cabo las reacciones de reacción de ácidos, lo que contribuye a incrementar la acidez positiva.

Más adelante siguiendo con este mismo proceso, se escuchará un segundo tronido, originado por el rompimiento de la estructura del grano dando una apariencia brillante. Si el tostado continúa, los almidones y los azúcares que se caramelizaron comienzan a carbonizarse produciendo el quemado característico de los tostados oscuros.

Una vez que se alcanza el grado de tostado deseado, este proceso debe detenerse; ya sea con aire frío o con agua. La cantidad de agua utilizada para ello es crítica, ya que el café tiende a ganar peso porque absorbe agua. El proceso de tostado puede llevar de 7 a 30 minutos dependiendo del tipo de tostador.

Durante el proceso de tostado, las temperaturas que alcanzan los granos de café se encuentran por los 193 °C para un tueste claro, cerca de los 200 °C para un tueste medio, y cerca de los 218 °C para un tostado oscuro. Ya terminado el proceso de tostado, los granos pasan a recipiente de acoplamiento para enfriarse rápidamente y así detener el proceso cuando se desee.

Los tostados claros conservan mayor acidez y el aroma sutil de los granos más ligeros. Un tostado medio es de fines generales, produciendo un sabor más fuerte mientras que conserva su acidez. El tostado oscuro, conocido también como italiano, produce un café más fuerte, con una cierta amargura, pero menos ácido y con un cuerpo suave.

Las mezclas pueden ser de diversas variedades, algunas se prefieren con diferentes grados de tostados y distintos orígenes de granos. Las transformaciones químicas que se

producen entonces son en efecto muy complejas y determinan qué tipo de taza desarrollará el café. Con el tueste, el grano de café aumenta su volumen, en ocasiones lo dobla, y pierde humedad, lo que disminuye su peso. La merma que sufre el grano de café con el tostado varía entre un 14% si el tueste es ligero y un 22% en un tueste fuerte.

### **6.5 Molienda de café tostado**

El café deberá tener una molienda en el punto justo, no debe de estar el molido ni demasiado grueso ni demasiado fino, deberá encontrar el molido ideal.

Dependiendo de los métodos de elaboración que se utilicen para extraer el café se necesitará un tipo de grosor u otro. Si los granos estuvieran demasiado molidos se expondrá demasiado el área superficial con el agua caliente haciendo de éste un gusto amargo y áspero. En el caso contrario, si la molienda fuera menor, se produciría un café aguado y débil.

Por otra parte, de nada sirve tener una perfecta molienda si no utilizas la presión, la temperatura, el peso y el tiempo necesario para llevarlo a cabo.

El café perfecto tendrá un color avellana rojizo con un espesor entre 3 y 4 mm como una malla fina y uniforme. Poseerá un cuerpo redondo con un gusto y un aroma equilibrado.

### **6.6 Empaque del producto.**

La frescura y la inocuidad de los alimentos, proteger los productos de contaminación, del medio ambiente, permitir su traslado y almacenamiento, conservar las características del producto, entre otras, son puntos decisivos a la hora de seleccionar el empaque.

El mercado de envases para alimentos mantiene una creciente demanda de calidad, funcionalidad, gran atractivo visual y, especialmente, capacidad de preservar por más tiempo las características originales de los productos. En los últimos años, otros atributos tales como conveniencia al consumidor, reducción de costos y diferenciación en el punto de venta, han ganado especial relevancia. Por lo que cada día la empresa se preocupa no solo por contar con un producto innovador sino por prestar mayor atención al empaque que es un elemento central de la experiencia del consumidor.

Tanto el mercado nacional como el internacional se encuentran demandando productos que comuniquen de manera clara a través del empaque elementos diferenciadores, convirtiéndose esto en un componente fundamental para la elección. Entre estas características se pueden mencionar los sellos que acompañan el producto orgánico, natural, que identifique una causa (responsabilidad social), que sea amigable con el medio ambiente, entre otras. Así mismo, debe comunicar información clara y concisa acerca de los ingredientes. Expertos puntualizan que un 70 por ciento de las innovaciones se hace en los envases, mientras que solo el 30 % corresponde a los productos.

## **6.7 Automatización industrial**

### **Repetición permanente**

En los procesos ya depurados, este se repite continuamente sin alteraciones ni fallos, lo que permite producir de forma ininterrumpida con una disponibilidad 24 h. Esta ventaja es especialmente interesante en empresas con una marcada estacionalidad en la producción, que presenta incrementos muy marcados.

### **Niveles de calidad óptimos**

La automatización permite ejecutar los procesos con un nivel de precisión mucho más elevado que en un proceso manual. Las medidas, pesos o mezclas se calculan con la mínima unidad. Además, no se producen tiempos muertos ni interrupciones por errores o cambios en el proceso.

### **Ahorro de costos**

Una vez automatizado un proceso, se necesita menos personal de base en la cadena de producción. Por otra parte, la automatización aumenta la eficiencia energética y de uso de materias primas. Así, se reducen los costos asociados a suministros.

### **Tiempo de producción**

Dada la eficiencia y precisión del proceso automatizado, se reduce significativamente el tiempo de producción.

### **Seguridad del personal**

Se incrementa la seguridad del personal, especialmente en procesos que incluyen grandes pesos, temperaturas elevadas o entornos peligrosos.

### **Producción más flexible**

La automatización permite adaptar el producto a las características y requerimientos específicos de cada empresa. Además, permite realizar tareas imposibles de llevar a cabo de forma manual.

### **Mejora del flujo de datos**

Se produce una mejor integración en las redes de comunicación de datos, lo que permite reducir el tiempo de reacción ante cambios o alteraciones en la producción, así como tomar decisiones más precisas.

### **Ventaja competitiva**

Todo lo expuesto aumenta la competitividad en el mercado, ya que se puede dar una mejor respuesta a las necesidades de este, ofrecer productos de mejor calidad en menor tiempo, reaccionar de forma más rápida y flexible a los cambios.

## **6.8 Controlador PLC (Programmable Logic Controller)**

Dentro de las ventajas que estos equipos poseen se encuentra que, gracias a ellos, es posible ahorrar tiempo en la elaboración de proyectos, pudiendo realizar modificaciones sin costos adicionales. Por otra parte, son de tamaño reducido y mantenimiento de bajo costo, además permiten ahorrar dinero en mano de obra y la posibilidad de controlar más de una máquina con el mismo equipo. Sin embargo, y como sucede en todos los casos, los controladores lógicos programables, o PLC's, presentan ciertas desventajas como es la necesidad de contar con técnicos calificados y adiestrados específicamente para ocuparse de su buen funcionamiento.

Además, son un gasto efectivo para controlar sistemas complejos, son Flexibles y pueden ser aplicados para controlar otros sistemas de rápida y fácil, su capacidad computacional permite diseñar controles más complejos.

Hoy en día, los PLC no sólo controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar operaciones aritméticas, manejar señales analógicas para realizar estrategias de control, tales como controladores PID (proporcional integral y derivativo). Para ver los detalles económicos de la instalación del controlador PLC ver anexo F.

## 7 CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de la práctica profesional, pude poner a prueba mis conocimientos adquiridos durante mi pregrado y tuve la oportunidad de fortalecerlos; sobre todo los relacionados con el manejo del laboratorio y algunos equipos en específico.

En la industria Cafetera se debe tener en cuenta demasiadas pruebas organolépticas especialmente las relacionadas con el olor, tacto y visión. Esto con el fin de tener la certeza de poder seleccionar en la mayor medida los mejores lotes de grano de café verde; ya que este es el primer paso para tener una alta calidad en el producto terminado.

Desde el punto de vista productivo, para la empresa INVERSIONES GALAVIS S.A.S es crucial el proceso de tostado del café, porque es allí en donde se desarrolla la distinción en cuanto aroma, sabor, acidez y cuerpo que desea la empresa para sus consumidores. Además durante el tostado se da aproximadamente el noventa por ciento de la merma en peso que se tendrá durante toda la producción, en pocas palabras en este punto se conoce si se está trabajando bajo las circunstancias esperadas.

Se decidió presentar la idea de incluir una automatización en la tolva de almacenamiento, porque basado en observaciones se encontró que actualmente dentro de la empresa el pesaje del café tostado es muy primitivo, consume demasiado tiempo, no se aprovecha de la mejor manera el personal humano y sobre todo se restringe la cantidad de producto tostado que se generara durante el día.

Dado que la empresa se encuentra dentro del campo alimenticio es de vital importancia garantizar la inocuidad en sus productos; lo que en realidad se busca es que se pueda trabajar bajo unas condiciones con la adecuada limpieza y desinfección, tanto para el cuerpo mecánico como el humano.

La realización rutinaria de controles de peso para el producto terminado, implica que tanto el proveedor como el consumidor tengan la certeza de que cada presentación de café molido manejada por la empresa posea el contenido exacto descrito en la señalización de su empaque.

## 8 BIBLIOGRAFÍA

- Albert, S. (2018). *Tostado y molido del café*. Londres: Forum Of Cofee.
- Angel, N. (7 de 4 de 2016). *El proceso de producción del café en 8 pasos*. Obtenido de Gastronomosfera: <https://www.gastronosfera.com/es/tendencias/el-proceso-de-produccion-del-cafe-en-8-pasos>
- Federico, S. (2017). Manual para tostado de cafe. *El cafetero*, 1-15.
- Jesus, A. (21 de 6 de 2018). *Conoce cómo se logra un café 100% colombiano* . Obtenido de Colfresh: <http://colfreshcoffee.com/proceso-del-cafe>
- José, M. (9 de 10 de 2013). *Industrialización, molienda y extracción* . Obtenido de Real Academia Del Café: [http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre\\_el\\_cafe/el\\_cafe/industrializacion/molienda\\_y\\_extraccion/](http://www.cafedecolombia.com/particulares/es/sobre_el_cafe/el_cafe/industrializacion/molienda_y_extraccion/)
- Joseph, G. (7 de 8 de 2016). *Manual basico de buenas practicas para el tostado del cafe*. Obtenido de Ministerio de industria y productividad: [https://www.swisscontact.org/fileadmin/user\\_upload/COUNTRIES/Ecuador/Documents/Content/ManualTuesteCafe.pdf](https://www.swisscontact.org/fileadmin/user_upload/COUNTRIES/Ecuador/Documents/Content/ManualTuesteCafe.pdf)
- Juan, J. (3 de 11 de 2014). *Implementacion y automatizacion de un sistema de pesaje de arandanos*. Obtenido de Universidad del Bio-bio: [http://repopib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/1198/1/Jeldres\\_Romero\\_Juan\\_Luis.pdf](http://repopib.ubiobio.cl/jspui/bitstream/123456789/1198/1/Jeldres_Romero_Juan_Luis.pdf)
- Leopoldo, M. (13 de 5 de 2019). *Características importantes de un sistema de pesaje para tanque y tolva*. Obtenido de Grupo IP: <http://ipc.com.mx/blog/caracteristicas-importantes-de-un-sistema-de-pesaje-para-tanque-y-tolva/>
- Luis, S. (16 de 9 de 2013). *diseño e implementacion de la automatizacion del sistema de dosificacion de granulomineral en costales de 50 kilos para la empresa imbapetros*. Obtenido de Imbapetros: <http://repositorio.espe.edu.ec/jspui/bitstream/21000/7467/1/T-ESPE-047371.pdf>
- Mariano, L. (9 de 5 de 2020). *Café de Colombia. Tipos, Variedades y Características*. Obtenido de Agro Marketing: <https://www.bialarblog.com/cafe-de-colombia-tipos-variedades-caracteristicas/>
- Pablo, G. (16 de 9 de 2015). *Cómo se procesa el café: de la planta a la taza* . Obtenido de Cafes Candelas: <https://www.cafescandelas.com/blog/como-se-procesa-el-cafe-de-la-planta-a-la-taza>
- Roger, A. (27 de 11 de 2011). *diseño, construccion y pruebas de un prototipo automatizado para dosificacion y mezclado de 4 componentes, tres de ellos a granel y uno liquido obteniendo como mezcla hasta 15Kg/h para el laboratorio de automatizacion*

*industrial*. Obtenido de Universidad pontificia bolivariana:  
[http://biblioteca.upbbga.edu.co/docs/digital\\_21640.pdf](http://biblioteca.upbbga.edu.co/docs/digital_21640.pdf)

Veronica, B. (6 de 3 de 2019). *Anatomía De La Cereza De Café: ¿Qué Es Un Grano De Café?* Obtenido de Ifinca: <https://perfectdailygrind.com/es/2019/03/06/anatomia-de-la-cereza-de-cafe-que-es-un-grano-de-cafe/>

Xabi, M. (7 de 2 de 2018). *Trazabilidad y seguridad en el sector del café*. Obtenido de Ibec Systems: <https://ibec.es/trazabilidad-y-seguridad-en-el-sector-del-cafe/>

Ximena, B. (15 de 6 de 2017). *Automatización Industrial y robótica. Qué es y sus claves de éxito*. Obtenido de Aldakin: <http://www.aldakin.com/automatizacion-industrial-robotica-claves-exito/>

## 9 ANEXOS

### 9.1 Anexo A. Propiedades Granulométricas del café verde

Clasificación por tamaño	Abertura de malla
Terceras o grano pequeño	14-15
Segundas o grano mediano	16-17
Primeras o grano grande	18
Grano superior	19-20

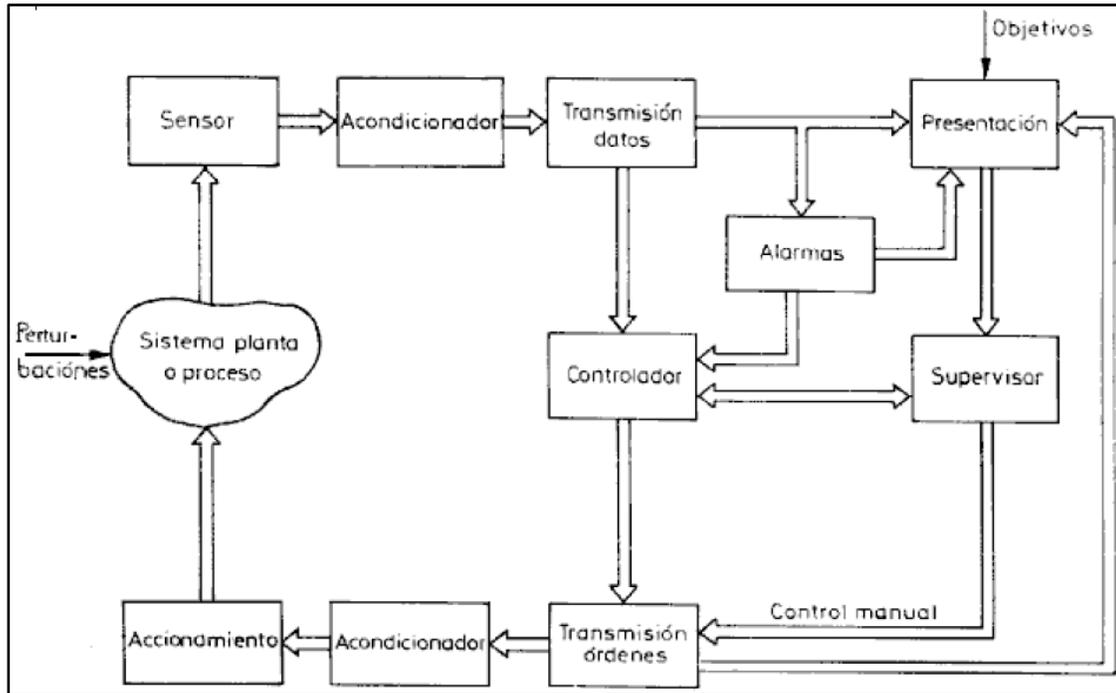
Fuente: Revista Scielo. Efecto de la humedad del café crudo en las propiedades del café tostado

### 9.2 Anexo B. Propiedades del café tostado

Variabes	Pérdida de peso	Acidez	Densidad	Humedad	Diámetro mayor largo
Acidez	0.85		0.92		
Concentración	0.72				
Densidad	0.98	0.91			
Humedad	0.88	0.76	0.89	0.86	
Activad acuosa	0.92	0.95	0.96		
pH					0.72
Esfuerzo a la rotura					0.83

Fuente: Revista Scielo. Efecto de la humedad del café crudo en las propiedades del café tostado

### 9.3 Anexo C. Estructura General de un sistema de medida y control.



Fuente: Pallas (2005)

### 9.4 Anexo D. Indicaciones para la realización del ensayo de granulometría

- Encienda la balanza oprimiendo el botón power del equipo.



Imagen 26. Encendido de balanza.

Fuente: Autor

- Ubique el recipiente medidor en la balanza y oprima el botón tare del equipo.



**Imagen 27.** Tare de balanza.

**Fuente:** Autor

- Vierta una muestra de café verde en el recipiente medidor y pese como mínimo 200 gramos de la muestra inicial.



**Imagen 28.** Pesaje de la muestra problema.

**Fuente:** Autor

- Acondicione el juego de tamices en orden ascendente, luego coloque un paño limpio, seco y suave debajo del fondo, para lograr un deslizamiento suave en el momento de agitar los tamices.



**Imagen 29.** Juego de Tamices.

**Fuente:** Autor

- Retire la tapa superior del juego de tamices, vierta la muestra pesada anteriormente sobre este y luego coloque nuevamente la tapa metálica.



**Imagen 30.** Vertimiento de la muestra problema en el juego de tamices.

**Fuente:** Autor

- Tome con las dos manos el conjunto de mallas y agite uniformemente durante 2 minutos, en una sola dirección (adelante y atrás).



**Imagen 31.** Agitación manual del juego de tamices.

**Fuente:** Autor

## 9.5 Anexo E. Determinación de humedad

La muestra de laboratorio de café verde, es sometida a una medición de humedad con el tester pm-410 que arroja el porcentaje de humedad del grano. Las especificaciones para el desarrollo este ensayo se muestran a continuación:

- Encienda el tester pm-410 oprimiendo el botón power del equipo.
- Ubique y oprima el botón mesuare en el equipo, espere unos segundos a que se visualice en el display digital la palabra pour.
- Vierta la muestra testigo previamente pesada al equipo, hasta que el recipiente quede completamente lleno.
- Espere unos segundos a que el tester pm-410, muestre el % de humedad en el display digital.

- Luego de realizar este ensayo se vierte la muestra testigo, nuevamente a la muestra real.
- Apague el tester pm-410, oprimiendo el botón power del equipo.



**Imagen 32.** Medición de la humedad.  
Fuente: Autor

### 9.6 Anexo F. Cotización del sistema de pesaje para la empresa INVERSIONES GALAVIS S.A.S

ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
1	1	. PLC V570 COLOR OPLC, WL,5.7" TOUCH NEMA 4X Ref. V570-57-T20B-J Marca: UNITRONICS  Tiempo de entrega: 4 a 6 semanas.	\$2.806.650,00	\$2.806.650,00
2	1	. Modulo Snap de Entradas y Salidas. IO MODULE, 1817IN/OUT,4UNI/AN,IS Ref. V200-18-E3XB Marca: UNITRONICS  Tiempo de entrega: 1 a 3 días.	\$1.234.926,00	\$1.234.926,00
3	1	. Módulos COM adicional (Ethernet). ETHERNET card for V200 Ref. V200-19-ET2 Marca: UNITRONICS  Tiempo de entrega: 1 a 3 días.	\$336.798,00	\$336.798,00

4	1	. Adaptador del módulo de expansión de entradas y salidas. Expansión adapter, Isolated Ref. EX-A2X Marca: UNITRONICS  Tiempo de entrega: 1 a 3 días.	\$218.295,00	\$218.295,00
5	1	. Módulo de expansión de entrada y salidas (Celda de carga). 3 Loadcell/Strain gauge Inputs, 1 DI / 1 Setpoint DO Ref. IO-LC3 Marca: UNITRONICS  Tiempo de entrega: 1 a 3 días.	\$1.079.001,00	\$1.079.001,00
6	1	. Fuente de alimentación de riel DIN. P. Supply, 24v, 1A Ref. UAP-24v 24W  Tiempo de entrega: 1 a 3 días.	\$137.214,00	\$137.214,00
7	4	. Celda de carga de 2 toneladas Marca: TEK. CERTIFICADO OIML, sensibilidad de 3mV/V, fabricada en acero, impedancias características: 385 ohm entrada y 350 ohm salida.  Tiempo de entrega: 1 a 3 días.	\$228.600,00	\$914.400,00

ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
8	1	. Caja sumatoria 4 celdas Marca: TEK  Tiempo de entrega: 5 días	\$125.000,00	\$125.000,00
9	20	. Cable de celda  Tiempo de entrega: 2 días.	\$7.600,00	\$152.000,00
10	1	. Indicador de peso LP7512, CERTIFICADO OIML, display tipo LED, interfase de comunicación a PC RS23, operación con batería recargable y adaptador de 8.5 voltios  Tiempo de entrega: 2 días.	\$441.000,00	\$441.000,00

11	2	. Cilindro neumático doble efecto Carrera: 200 mm, diámetro 32mm, puerto 1/8" NPT, rosca del vástago M10x1.25 Marca: EBCHQ  Tiempo de entrega: 4 días	\$149.700,00	\$299.400,00
12	2	. Válvula Solenoide 5/2 Biestables Puerto 1/8" NPT, Alimentación 24 VDC PIL 2 SOL Marca: EBCHQ  Tiempo de entrega: 4 días	\$83.150,00	\$166.300,00
13	4	. Solenoides P/Válvulas ST-2V 24VDC IP65 Marca: EBCHQ  Tiempo de entrega: 4 días	\$15.000,00	\$60.000,00
14	8	. Racores, material bronce, acabado cromado brillante, partes plásticas en PU. Rosca 1/8" Marca: EBCHQ  Tiempo de entrega: 3 días.	\$3.780,00	\$30.240,00
15	4	. limit switch XCKP - thermoplas0c roller lever - 1NC+1NO snap - Pg11 Ref. XCKP2118G11 Marca: SCHNEIDER  Tiempo de entrega: 4 días	\$88.311,00	\$353.244,00
16	2	. PULSADOR LUMINOSO ROJO 250VAC Marca: SCHNEIDER Ref. XB4BW3465  Tiempo de entrega: 4 días	\$128.244,00	\$256.488,00
17	2	. PULSADOR LUMINOSO VERDE 250VAC Marca: SCHNEIDER Ref. XB4BW3365  Tiempo de entrega: 4 días	\$128.244,00	\$256.488,00
18	1	. BOTON PULSADOR SETA ROJO 1NC GIRAR PARA LIBERAR Marca: SCHNEIDER Ref. XB5AS8442	\$75.946,00	\$75.946,00

		Tiempo de entrega: 4 días		
19	10	. CABLE VEHICULO 18 AWG NEGRO Marca: PROCABLES Tiempo de entrega: 4 días	\$435,00	\$4.350,00
20	1	. Manguera Plástica Azul Marca: EBCHQ NOTA: precio por metro. Tiempo de entrega: 3 días.	\$3.175,00	\$3.175,00
ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN	VALOR UNIT.	VALOR TOTAL
21	1	. GABINETE DKC SERIE CE 500X400X200 Marca: DKC Tiempo de entrega: 4 días.	\$324.980,00	\$324.980,00
22	1	. Suministro y montaje de tablero de control con HMI para sistema de pesaje en tolva de café.  NOTA:  Incluye armado y montaje del Gabinete con lo siguiente: - MININTERRUPTOR BIPOLAR 2A PLS4-C2/2, - MININTERRUPTOR MONOPOLAR 4A DC mMCMDC-C4/1, - ACCESORIOS DE ENSAMBLE, - ACCESORIOS DE MONTAJE, - SOPORTERIA PARA TABLERO - TALENTO HUMANO - Pruebas y puesta en marcha  Tiempo de Ejecución: 4 a 6 Semanas	\$1.852.160,00	\$1.852.160,00

23	1	<p>. TENDIDO DE ACOMETIDA DE ALIMENTACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE PLC, INSTALACIÓN DE TUBERÍA DE AIRE PARA ACTUADORES.</p> <p>NOTA: INCLUYE</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Programación del PLC.</li> <li>- Incluye acometida de alimentación al tablero, de control desde tablero a celdas</li> <li>- Instalación de tuberías para el suministro de aire.</li> <li>- Talento Humano.</li> <li>- Pruebas y puesta en Marcha</li> </ul> <p>Material:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- CABLE ENCAUCHETADO 4X14 AWG</li> <li>- TUBERIA EMT 3/4"</li> <li>- CURVA EMT 3/4"</li> <li>- UNION EMT 3/4"</li> <li>- RIEL CHANNEL</li> <li>- GRAPA DE FIJACION ARA CHANNEL 3/4"</li> <li>- RACCOR 1/2"</li> <li>- MANGUERA NEUMATICA 1/2"</li> <li>- TUBERIA Y ACCESORIOS NEUMATICA</li> <li>- INSTALACION PUNTO DE AIRE - ACCESORIOS DE FIJACION</li> </ul> <p>Tiempo de Ejecución: 4 a 6 Semanas</p>	\$3.858.875,00	\$3.858.875,00
24	1	<p>. Instalación del Sistema de Pesaje en Tolva de Café</p> <p>NOTA: INCLUYE</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reforzar las platinas donde se van a instalar las celdas de carga.</li> <li>- Servicio de instalación, puesta en marcha y ajuste de peso, platinas perforadas para las celdas, la empresa provee lo necesario para sostenimiento en el aire de la tolva.</li> <li>- Reforzamiento de las 4 columnas que están sosteniendo la tolva bascula (amarrarlas entre sí).</li> </ul>	\$1.875.000,00	\$1.875.000,00

		<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reforzamiento de tolva, ajuste de peso y puesta en marcha.</li> <li>- Talento Humano.</li> <li>- Pruebas y puesta en marcha.</li> </ul> <p>Tiempo de Ejecución: 4 a 6 Semanas</p>			
SUBTOTAL					\$16.861.930,00
IVA					\$3.203.767,00
TOTAL					\$20.065.697,00

**Tabla 5.** Cotización del sistema de pesaje.  
**Fuente:** Inse Group S.A.S

## 9.7 Anexo G. Informe de calibración del termómetro infrarrojo

**Equipos & Mediciones Técnicas**  
www.equipoymediciones.com

LABORATORIO DE METROLOGÍA  
INFORME DE CALIBRACIÓN

Pag. 1 de 2  
INFORME N° 20039037

---

<b>MAGNITUD</b> <i>Magnitude</i>	TEMPERATURA INFRARROJA		
<b>SOLICITANTE</b> <i>Customer</i>	INVERSIONES GALAVIS SAS		
<b>DIRECCIÓN</b> <i>Address</i>	AVENIDA 6 No. 6N-31 ZONA INDUSTRIAL		
<b>CIUDAD</b> <i>City</i>	CÚCUTA- NORTE DE SANTANDER		
<b>INSTRUMENTO</b> <i>Instrument</i>	TERMOMETRO INFRARROJO		
<b>FABRICANTE</b> <i>Manufacturer</i>	CEM		
<b>MODELO</b> <i>Model</i>	DT-8862		
<b>IDENTIFICACIÓN</b> <i>Identification</i>	170427306		
<b>RANGO DE MEDICIÓN</b> <i>Range of measurement</i>	-50°C	hasta	650°C
<b>DIVISIÓN DE ESCALA Y UNIDAD</b> <i>Division on a large scale and unit</i>	0,1 °C		
<b>FECHA DE RECEPCIÓN</b> <i>Reception date</i>	2020-02-11	<b>FECHA CALIBRACIÓN</b> <i>Calibration date</i>	2020-02-11
<b>FECHA DE EXPEDICIÓN</b> <i>Expedition date</i>	2020-02-11	<b>FECHA DE VENCIMIENTO</b> <i>Calibration date</i>	2021-02-11

**CONDICIONES AMBIENTALES**  
*Environmental conditions*

• Temperatura Ambiental	Min.	21,5 °C	Max.	21,7 °C
• Humedad Relativa	Min.	43,0 RH%	Max.	45,0 RH%

**N° DE PÁGINAS DEL INFORME** 2 (Dos)

\* Los resultados emitidos por el presente certificado se refieren al momento y a las condiciones en las que se realizaron las mediciones.  
 \* El laboratorio de metrología de Equipos & Mediciones Técnicas, no se responsabiliza del uso inadecuado del instrumento calibrado.  
 \* Estas mediciones son trazables a patrones internacionales.  
 \* El transporte del equipo es responsabilidad del cliente.  
 \* Este certificado no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de Equipos & Mediciones Técnicas.

**PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN**

La calibración del instrumento se determina por el método de comparación directa, mediante la utilización de un cuerpo negro generador de temperaturas infrarrojas, donde la temperatura es medida con el termómetro de referencia (calibrado y trazable al Sistema internacional de unidades) y al termómetro bajo calibración; comparando sus indicaciones de temperatura infrarroja, conforme a lo establecido en procedimiento interno de calibración para termómetros infrarrojos (M4-IN-05), el cual se encuentra basado en el procedimiento de calibración del Centro Español de Metrología TH-002e:2011 Edición 1.

---

www.equipoymediciones.com  
Código M4-FO-31  
Versión : 02  
Fecha de actualización : 2018-10-23

CLL 124 No. 7-35 Ofc 601  
TEL (57-1) 520 5373  
Bogotá - Colombia



**Imagen 33.** Informe de calibración de termómetro infrarrojo.  
**Fuente:** Equipos & mediciones técnicas.

**PATRONES UTILIZADOS Y TRAZABILIDAD**

• Patrón de referencia

Marca CEM  
Serie No. 12098661  
Modelo DT-8868H  
Cod. Int. PA0301  
Cert. Cal. No. CLT 253315

• Medio de Comparación

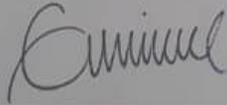
Marca CUERPO NEGRO  
Serie No. 161028860  
Modelo BX-500  
Cod. Int. EA1101

RESOLUCIÓN DEL EQUIPO: 0,1°C  
TIPO DE INDICACIÓN: DIGITAL  
ESTADO DEL EQUIPO: BUEN ESTADO

**RESULTADOS DE LA MEDICIÓN**

PUNTOS DE CALIBRACIÓN	Indicación patrón	Indicación X instrumento	Corrección de la calibración	Incertidumbre de calibración
50°C	50	49,5	0,62	± 0,42
100°C	100	100,1	-0,08	± 0,42
150°C	150	150,4	-0,38	± 0,42

OBSERVACIONES: NINGUNA

ELABORÓ Metrólogo FIRMA	APROBÓ Director Técnico ( E ) FIRMA
	

www.equposymediciones.com  
Código MA-FO-31  
Versión : 02  
Fecha de actualización : 2018 -10 23

FIN DE DOCUMENTO  
CLL 124 No. 7-35 Ofc 601  
TEL (57-1) 520 5373  
Bogotá - Colombia



**Imagen 34.** Informe de calibración de termómetro infrarrojo.  
**Fuente:** Equipos & mediciones técnicas.