

**UNIVERSIDAD NACIONAL
TORIBIO RODRÍGUEZ DE MENDOZA DE AMAZONAS**



**FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
Y MECÁNICA ELÉCTRICA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**TESIS PARA OBTENER
EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO DE SISTEMAS**

**PRECISIÓN DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA
DETERMINAR LA HUMEDAD DEL CAFÉ PERGAMINO
OMIA, 2019**

Autor: Bach. Victor Deywis Vargas Portocarrero

Asesor: M.Sc. Abraham Soplá Maslucán

Registro:

CHACHAPOYAS - PERÚ

2021

DEDICATORIA

A Dios

Por darme salud y fortaleza para cumplir mis metas, y poner en mí camino a personas que contribuyeron a mi formación profesional.

A mis padres

Por haberme inculcado valores, por sus consejos y la motivación constante para cumplir mis metas.

A mis hermanos

Por el apoyo brindado en la ejecución de esta investigación.

A mi Asesor

La paciencia, comprensión y tiempo hacia mi para el desarrollo de esta tesis

¡Gracias a Dios por darme la vida, para compartirlo con ustedes!

Victor Deywis Vargas Portocarrero

AGRADECIMIENTO

La presente investigación, si bien ha requerido el esfuerzo y dedicación por parte del investigador, no hubiera sido posible su realización sin el apoyo de las siguientes personas e instituciones:

Al apoyo de APROEXPOR, donde sus directivos y equipo colaborador de la sede de Rodríguez de Mendoza, me brindaron las facilidades al prestarme sus equipos sofisticados para la detección de humedad del café y un espacio de trabajo, para realizar esta investigación.

A las personas que formaron parte del equipo técnico del proyecto: Magister Abraham Sopla Maslucán y al Ingeniero Agroindustrial Hugo Vargas Portocarrero, por sus consejos, ayuda y enseñanzas brindadas durante el desarrollo de mi trabajo de investigación.

Victor Deywis Vargas Portocarrero

AUTORIDADES DE LA UNTRM

Dr. POLICARPIO CHAUCA VALQUI
Rector

Dr. MIGUEL ÁNGEL BARRENA GURBILLÓN
Vicerrector Académico

Dra. FLOR TERESA GARCÍA HUAMÁN
Vicerrectora de Investigación

Dr. ÍTALO MALDONADO RAMÍREZ
Decano de la Facultad de Ingeniería de Sistemas y Mecánica Eléctrica

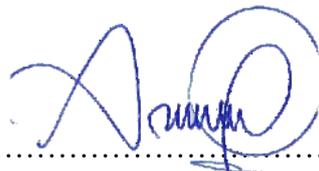
VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS

El que suscribe el presente, docente de la UNTRM, hace constar que ha asesorado la realización de la Tesis titulada Precisión de una Aplicación Móvil para Determinar la Humedad del Café Pergamino Omia, 2019, del egresado **Victor Deywis Vargas Portocarrero** de la Facultad de Ingeniería de Sistemas y Mecánica Eléctrica, escuela profesional de Ingeniería de Sistemas de esta Casa Superior de Estudios.

El suscrito da el Visto Bueno a la Tesis mencionada, dándole pase para que sea sometida a la revisión por el Jurada Evaluador, comprometiéndose a supervisar el levantamiento de observaciones que formulen en Acta en conjunto, y estar presente en la sustentación.

Chachapoyas, 30 de marzo del 2021

Atentamente,



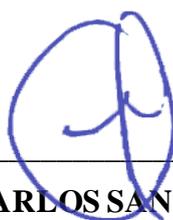
.....
M.Sc. Abraham Sopla Maslucán

JURADO EVALUADOR



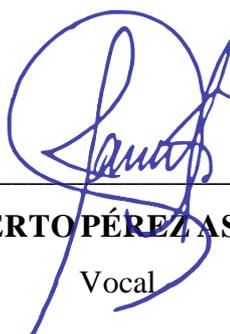
Mg. CARLOS LUIS LOBATON ARENAS

Presidente



Mg. ROBERTO CARLOS SANTA CRUZ ACOSTA

Secretario



Mg. ROBERTO PÉREZ ASTONITAS

Vocal

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS



REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO
DE BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-0

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

Los suscritos, miembros del Jurado Evaluador de la Tesis titulada:

PRECISIÓN DE UNA APLICACIÓN MÓVIL PARA DETERMINAR LA HUMEDAD DEL CAFÉ PERGAMINO
OMIA, 2019.

presentada por el estudiante ()egresado (X) **Victor Deywis Vargas Portocarrero**, de la Escuela Profesional de **INGENIERÍA DE SISTEMAS**, con correo electrónico institucional **davisvargas25@gmail.com**, después de revisar con el software Turnitin el contenido de la citada Tesis, acordamos:

- a) La citada Tesis tiene 18 % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es menor (X) / igual () al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM.
- b) La citada Tesis tiene ___ % de similitud, según el reporte del software Turnitin que se adjunta a la presente, el que es mayor al 25% de similitud que es el máximo permitido en la UNTRM, por lo que el aspirante debe revisar su Tesis para corregir la redacción de acuerdo al Informe Turnitin que se adjunta a la presente. Debe presentar al presidente del Jurado Evaluador su Tesis corregida para nueva revisión con el software Turnitin.



Chachapoyas_ 18 de abril del 2021 _____

SECRETARIO

VOCAL

PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

.....
.....

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



REGLAMENTO GENERAL
PARA EL OTORGAMIENTO DEL GRADO ACADÉMICO DE
BACHILLER, MAESTRO O DOCTOR Y DEL TÍTULO PROFESIONAL

ANEXO 3-Q

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL

En la ciudad de Chachapoyas, el día 16 de julio del año 2021, siendo las 19:10 horas, el aspirante: Victor Deywis Vargas Portocarrero, defiende en sesión pública presencial () / a distancia (X) la Tesis titulada: Precisión de una Aplicación Móvil para determinar la humedad del Café Pergamino Omia 2019

_____ , teniendo como asesor a Mg. Abraham Sopla Maslucan , para obtener el Título Profesional de Ing. de Sistemas , a ser otorgado por la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas; ante el Jurado Evaluador, constituido por:

Presidente: Mg. Ing. Carlos Luis Lobatón Arenas

Secretario: Mg. Lic. Mat. Juan Alberto Rojas Castillo

Vocal: Mg. Ing. Roberto Pérez Astonitas

Procedió el aspirante a hacer la exposición de la Introducción, Material y métodos, Resultados, Discusión y Conclusiones, haciendo especial mención de sus aportaciones originales. Terminada la defensa de la Tesis presentada, los miembros del Jurado Evaluador pasaron a exponer su opinión sobre la misma, formulando cuantas cuestiones y objeciones consideraron oportunas, las cuales fueron contestadas por el aspirante.

Tras la intervención de los miembros del Jurado Evaluador y las oportunas respuestas del aspirante, el Presidente abre un turno de intervenciones para los presentes en el acto de sustentación, para que formulen las cuestiones u objeciones que consideren pertinentes.

Seguidamente, a puerta cerrada, el Jurado Evaluador determinó la calificación global concedida a la sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional, en términos de:

Aprobado (X)

Desaprobado ()

Otorgada la calificación, el Secretario del Jurado Evaluador lee la presente Acta en esta misma sesión pública. A continuación se levanta la sesión.

Siendo las 19:51 horas del mismo día y fecha, el Jurado Evaluador concluye el acto de sustentación de la Tesis para obtener el Título Profesional.

SECRETARIO

VOCAL

PRESIDENTE

OBSERVACIONES:

ÍNDICE

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
AUTORIDADES DE LA UNTRM	iii
VISTO BUENO DEL ASESOR DE TESIS	iv
JURADO EVALUADOR	v
CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS	vi
ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
I INTRODUCCIÓN	15
II MATERIAL Y MÉTODOS	17
II.1 Materia prima	17
II.1.1 El café	17
II.1.2 Método Gravimet	23
II.1.3 Dispositivo Móvil o telefonía celular	24
II.1.4 Android	25
II.1.5 Android Studio	27
II.1.6 Aplicaciones de control de temperatura y humedad.	29
II.1.7 Arduino	30
II.1.8 Metodología Ágil	34
II.2 Métodos	37
II.2.1 Ubicación del área de estudio	37
II.2.2 Características socioeconómicas	38
II.2.3 Población y muestra de estudio.	38
II.2.4 Diseño de investigación.	38
II.2.5 Técnicas e instrumentos	38
II.2.6 Desarrollo de la aplicación “SeCoffee”	39
III RESULTADOS	58
III.1 Fase de preliminar de recolección de datos	58
III.2 Método Gravimet	59
III.3 Análisis de datos	61

III.3.1	Cálculo del espesor óptimo de la muestra	61
III.3.2	Selección del modelo para la predicción de humedad.	61
III.3.3	Inclusión del modelo de predicción en la aplicación móvil	62
III.3.4	Validación del nivel de precisión del predictor frente al higrómetro	62
IV	DISCUSIÓN	69
V	CONCLUSIONES	71
VI	RECOMENDACIONES	72
VII	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
VIII	ANEXOS	75
VIII.1	Anexo I: Manual de Usuario	76
VIII.2	Tabla de Registro Consolidado	77
VIII.3	Caso de uso de SeCoffee	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Descripción del área de secado de café según su producción	22
Tabla 2. Versiones de Android desde sus inicios hasta la fecha	26
Tabla 3. Especificaciones del microcontrolador Arduino Uno	31
Tabla 4. Histórico de los promedios de pesos con las horas faltantes	56
Tabla 5. Tabla del método Gravimet - Cenicafe Colombia	59
Tabla 6. Históricos de datos obtenidos durante el secado	61
Tabla 7. Datos seleccionados para calibrar el nivel de precisión del modelo	63
Tabla 8. Estadísticos descriptivos	64
Tabla 9. Prueba t para medias de dos muestras emparejadas	65
Tabla 10. Registro acopio del socio María Peña con la forma tradicional.	66
Tabla 11. Registro acopio del socio Euler Riva con la forma tradición	67
Tabla 12. Registro consolidado de la canastilla que contiene 200 gramos con 2 cm	77
Tabla 13. Registro consolidado de la canastilla que contiene 300 gramos con 3 cm	78
Tabla 14. Registro consolidado de la canastilla que contiene 400 gramos con 4 cm	79

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ilustración de una planta de café. obtenido de botanical-online	17
Figura 2. Semilla del café. fuente: obtenido de ci frutban	18
Figura 3. Tipo de café arábica., editada de capuchinox	19
Figura 4. Tipo de café robusta fuente: obtenido de capuchinox	19
Figura 5. Café caturro. fuente: desde el trapiche	20
Figura 6. Café catimor. fuente: tomada de periódico hoy	20
Figura 7. Café pache. fuente: tomada de Anacafé	21
Figura 8. Proceso de beneficio de café, elaboración propia.	21
Figura 9. Tabla del resultado obtenido de la investigación que desarrollo Cenicafé	24
Figura 10. Arquitectura de SO Android, tomada de blog tecnología móvil	26
Figura 11. Arduino Uno (placa más conocida de la marca). fuente. recursos libres	31
Figura 12. Sensor de Arduino de temperatura y humedad ky015 dth11, tomada de robótica school https://www.robotica.school	32
Figura 13. Sensor de peso celda de carga 10kg con hx711, tomada de tecneu en https://www.tecneu.com	33
Figura 14. Módulo bluetooth rs232 hc-06, tomada de Taloselectronics en el sitio https://www.taloselectronics.com	34
Figura 15. Scrum framework, obtenido de www.scrum.org	35
Figura 16. Ejemplo de diagrama Kanban, obtenida de https://revistadigital.inesem.es/	37
Figura 17. Secador tipo domo sector los olivos - Omia - Rodríguez de Mendoza - Amazonas	37
Figura 18. Marco de la metodología para el desarrollo de la app	39
Figura 19. Tarjetas Kanban para el sprint a.1, creado en el programa Trello.	43
Figura 20. Diseño virtual del hardware del dispositivo electrónico, echo en Fritzing.	44
Figura 21. Tarjetas Kanban para el sprint a.3, creado en el programa Trello	47
Figura 22. Display principal de la aplicación	48
Figura 23. Esquema de comunicación de punto a punto mediante bluetooth.	49
Figura 24. <i>Listview</i> , para mostrar los dispositivos emparejados al teléfono.	50
Figura 25. Termómetro láser y al fondo la balanza digital, foto tomada dentro del secador tipo domo.	52
Figura 26. Tarjetas Kanban para el sprint a.4, creado en el programa Trello	53
Figura 27. Canastillas de 12 x 12 x 5 cm, con los tres tipos de muestra inicial.	54
Figura 28. Gráfica de la correlación de peso con humedad	55
Figura 29. Gráfica de la curva de la aproximación del secado	56
Figura 30. Gráfica de la curva de secado de la muestra de 200 gramos con 2 cm de grosor	60
Figura 31. Gráfica de la curva de secado de la muestra de 300 gramos con 3 cm de grosor	60
Figura 32. Gráfica de la curva de secado de la muestra de 400 gramos con 4 cm de grosor	60

Figura 33. Gráfica de correlación de peso con humedad y ecuación de la línea tendencia con mínimos cuadrados	62
Figura 34. Guía 11502 de ingreso de almacén de la Aproexprot.	66
Figura 35. Guía 11509 de ingreso de almacén de la Aproexprot.	66
Figura 36. Guía 007913 de ingreso de almacén de la Aproexprot.	67
Figura 37. Guía 008037 de ingreso de almacén de la Aproexprot.	67
Figura 38. Manual de usuario SeCoffee	76
Figura 39. Caso de uso de SeCoffee	80

RESUMEN

En las regiones productoras de café enfrentan muchas dificultades al hacer sus entregas a los centros de acopio donde se evalúa la calidad, el nivel de humedad, y rendimientos. De los cuales, el nivel de humedad define el precio, en este sentido, tienen la necesidad de conocer que el nivel de humedad de su producto esté del rango que debe de oscilar entre 11% - 12% b.h. Frente a este problema, se desarrolló e investigó el nivel de precisión de un sistema móvil usando componentes tecnológicos de actualidad, escalables y bajo costo, para medir la humedad en tiempo real. En este proceso, se usó la metodología de desarrollo ágil SCRUM, englobando a todos sus herramientas y artefactos; y también se practicó la metodología de investigación descriptiva, finalmente, se comparó los datos reales obtenidos mediante el higrómetro frente a las obtenidas por la aplicación, los cuales se grafican, además que nos permiten obtener los modelos matemáticos respectivos, concluyendo además que más medias son iguales a un nivel de confianza de **95%**, demostrándose de esta manera el alto nivel de precisión del sistema propuesto frente al higrómetro y que, estadísticamente las medidas obtenidas por ambos instrumentos son las mismas en un ambiente de secador tipo domo en la localidad de Omia en la provincia de Rodríguez de Mendoza.

Palabras claves: App, Café, SCRUM, humedad.

ABSTRACT

In the coffee producing regions they face many difficulties when making their deliveries to the collection centers where quality, humidity level, and yields are evaluated. Of which, the humidity level defines the price, in this sense, they need to know that the humidity level of their product is in the range that should oscillate between 11% - 12% b.h. Faced with this problem, the level of precision of a mobile system was developed and investigated using modern, scalable and low-cost technological components to measure humidity in real time. In this process, the SCRUM agile development methodology was used, encompassing all its tools and artifacts; and the descriptive research methodology was also practiced, finally, the real data obtained by the hygrometer was compared with those obtained by the application, which are graphed, in addition to allowing us to obtain the respective mathematical models, also concluding that more means are equal to a 95% confidence level, thus demonstrating the high level of precision of the proposed system compared to the hygrometer and that, statistically, the measurements obtained by both instruments are the same in a dome-type dryer environment in the town of Omia. in the province of Rodríguez de Mendoza.

Keywords: App, Coffee, SCRUM, humidity.

I INTRODUCCIÓN

El café es la bebida obtenida a partir de los granos tostados y molidos de los frutos de la planta del café; esta bebida es altamente estimulante por su contenido de cafeína dado que es una sustancia psicoactiva. El café es uno de los productos más comercializados del mundo y una de las tres bebidas más consumidas. Perú es el noveno exportador de café con un 2.077% de la exportación mundial, los mercados más rentables para este producto están en la Unión Europea y Estados Unidos, con un porcentaje de 62.71% y 22.47% respectivamente de importaciones a abril del 2019 (*International Coffee Organization*, 2019). Algunos de los problemas sobre la producción y comercialización de este producto están relacionados al mal manejo de los suelos, a la presencia de plagas, y al proceso de secado mismo, dado que la tecnología es escasa. sin embargo, en términos generales se explica que, en el país los procedimientos para el proceso de secado del grano no mecanizado de la mayoría de los productores son de manera tradicional.

En el Perú, contamos con muchas zonas en donde se cultiva plantaciones de café, en su mayoría, ubicados en ceja de selva. A lo largo del país, se cuenta con 425,416 hectáreas dedicadas al cultivo de café las cuales representan 6% del área agrícola nacional. El potencial de crecimiento del café en el país es alrededor de 2 millones de hectáreas. Las plantaciones de café están instaladas en 17 regiones, 67 provincias y 338 distritos. En la actualidad, 223,482 familias de pequeños productores están involucrados con la producción de café a nivel nacional y el 95% de ellos son agricultores con 5 hectáreas o menos del producto (MINAGRI, 2014), y se observa que en las que existen problemas en el procedimiento de secado. Los productores de café carecen de herramientas, instrumentos y métodos para control de la humedad de su producto, ya sea por el costo elevado de esta herramienta, y teniendo cada vez un mercado más exigente es necesario que los productores exporten su café cumpliendo todos los requisitos con una calidad óptima y esto genere más ingresos.

Los agricultores de la región de Amazonas, provincia de Rodríguez de Mendoza, exportan su café al mercado de Europa y Estados Unidos, pero por el mal procedimiento en el secado afecta la calidad de éste, por ello su exportación es aún más tediosa. La monitorización de este proceso de secado en algunas parcelas de la provincia aún se hace de manera mecánica.

Teniendo en cuenta la problemática observada, el aporte del presente estudio está enfocado en ofrecer una propuesta que ayude en el proceso de secado, básicamente en la gestión y control de secado. Por ello, para el presente estudio se ha desarrollado una aplicación móvil a la que denominamos “SeCoffee” para sistema operativo Android mediante la cual comunicamos los sensores conectados a un microcontrolador Arduino a un Smartphone, estando entre los requerimientos más importantes, determinar en tiempo real la humedad de café, durante el proceso de secado de porciones de 200 gramos del café pergamino (*coffea arábica*) de variedad Catimor T-8667 ubicado en un secador de tipo domo ubicado en el distrito de Omia, provincia de Rodríguez de Mendoza.

En el presente estudio, se calculó la precisión del SeCoffee frente al dato real del higrómetro, determinando así la aproximación y precisión que existe de SeCoffee. Para ello se tuvo que determinar, en una primera fase, cuál era el espesor más adecuado de la porción de café de 200 gramos que se debería tener en cuenta, en este caso se determinó dos centímetros de espesor, 300 gramos con 3 cm de espesor y 400 gramos con 4 cm de espesor alojados en una canasta de dimensiones de 12x5cm, teniendo la descripción de la curva de secado de cada uno y tomado la mejor que su humedad final se acomode al rango de 11% - 12%, lo que el mercado requiere. Posteriormente, con la curva del proceso de secado de café, se realizó la correlación de datos que existe de la humedad con la disminución de peso, para determinar la ecuación exponencial de la curva de los datos.

Al término de esta investigación se concluyó que el dato se aproxima al del higrómetro un 99.09% y estando en el rango de conformidad que es del 11 al 12%, se observa que la precisión de la aplicación es buena.

II MATERIAL Y MÉTODOS

En este apartado se presentarán las tecnologías, metodologías y materiales utilizados o relacionadas con el proyecto en esta investigación. El fin de ello es acercar al lector a estos conceptos y al contexto que rodea al proyecto en sí. De forma que pueda comprender con más facilidad el resto del documento.

El proyecto está basado en el desarrollo de un pequeño sistema de calibrar la precisión del cálculo que realizará la aplicación móvil que será desarrollado con metodologías ágiles, y por ello en este capítulo se describe todo lo que engloba este sistema detector de la humedad del café pergamino.

II.1 Materia prima

II.1.1 El café

El café es un fruto que mediante una producción se convierte es una bebida para el deleite del consumidor que se obtiene de la infusión de las semillas tostadas y molidas de las plantas del café o cafetos, con su nombre científico *Coffea*. Los cafetos son arbustos de hoja perenne de la familia de las Rubiáceas. El fruto de estos arbustos contiene dos semillas o granos de café, elementos para el consumo posterior (Besora, 2015).



Figura 1. Ilustración de una planta de café. Obtenido de Botanical - online

Lo que conlleva al fruto, la parte con más cafeína del grano, aunque hay algunas variedades que solo tienen una, conocidas como café perlado. En este caso, la única semilla es

totalmente redondeada, mientras que, en la mayoría de casos, las dos semillas son redondeadas con una cara plana con un canal (Besora, 2015).



Figura 2. Semilla del café. Fuente: Tomada de CI Frutban ¹

Zonas de producción nacional

Según la Agencia Peruana de Noticias para el día de la café peruano, en su portal web señaló que:

- La zona norte consta de 98 mil hectáreas cafetaleras que constituyen el 43% del área total cultivada y está conformada por los departamentos de Piura, Cajamarca, Amazonas y San Martín.
- La zona central abarca unas 79 mil hectáreas, es decir un 34% de los cafetales de la Nación, que comprende Junín, Pasco y Huánuco.
- La zona sur existe 53 mil hectáreas que componen el 23% del área total, está integrada por los departamentos de Apurímac, Ayacucho, Cusco y Puno (Agencia Peruana de Noticias, 2018).

Tipos de café

Según nos dice Besora, existen una treintena de variedades, repartidas por las zonas productivas del mundo, pero las más importantes son solamente dos:

Café arábico (*Coffea arábica*): puede que se trate de la especie original del café. A pesar de su nombre, procede de Etiopía y actualmente se cultiva en zonas tropicales y subtropicales de todo el mundo, entre los 1300 y los 2800 metros sobre el nivel del mar, y cuánto más alto, más calidad. Necesita temperaturas entre los 15 y los 24°C (grados centígrados). Es una variedad con menor cafeína que la robusta (0,8 – 1,4%), es la más importante, con una producción mundial del 70%, y la de mayor calidad, utilizándose para los cafés tipo

¹ Véase, http://cifrutbanltda.com/index.php/portfolio_item/pergamino-cafe/

expresso, pero es la menos productiva, entre 1500 y 3000 kg por hectárea. Puede llegar a los 12 metros, pero en el cultivo se encuentra con alturas inferiores de 4,5 m. La infusión es muy perfumada, dulce, ligeramente ácida, con muchos matices de sabor, con un toque amargo y un color avellana claro que tiende al rojizo (Besora, 2015).

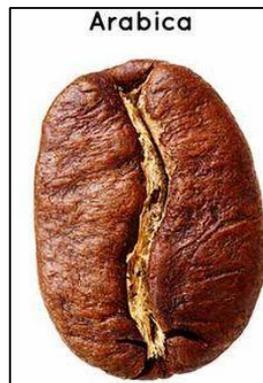


Figura 3. Tipo de Café arábica., Editada de Capuchinox ²

Café robusto (*Coffea robusta*): con casi un 30% de la producción mundial, esta especie es más resistente que la arábica a enfermedades, sobre todo a la roya del café, la collogora y los nematodos. Procedente de África Occidental, esta variedad se cultiva en muchas zonas tropicales del mundo, desde el nivel del mar hasta los 700 m de altitud. El rango de temperaturas necesario para crecer es de los 24 a los 30OC, más elevada que la arábica. Tiene casi el doble de cafeína que la arábica, entre el 1,7 y el 4%, dándole un sabor más amargo, razón por la cual se utiliza para cafés solubles o mezclas con la arábica. Se trata de cafés ásperos, astringentes, poco perfumados, más amargos y con un color marrón grisáceo (Besora, 2015).



Figura 4. Tipo de Café Robusta Fuente: Editada de Capuchinox ²

² Véase, <https://capuchinox.com/es-mejor-el-cafe-arabica-o-el-cafe-robusta/>

En la misma forma que se ha mutado los tipos de café, dando origen a muchas variedades nacientes de estos como nos narra Besora, Jordi:

Caturra: nace de la variedad Bourbon y fue descubierta en Brasil a principios de los años ochenta. Cuenta con una alta producción y es de alta calidad, pero requiere mucha atención y fertilización. Se trata de una planta baja con hojas grandes y redondeadas, un núcleo grueso y muchas ramas secundarias. Su óptimo crecimiento se encuentra entre los 500 y los 1700 msnm y en zonas con precipitaciones entre 2500 y 3000 mm, obteniendo en las zonas más altas un café de mayor calidad, pero menor producción (Besora, 2015).



Figura 5. *Café caturro.* Fuente: Desde el trapiche³

Catimor: cruce entre Timor (mezcla de robusta y arábica) y Caturra, creado en Portugal el 1959. Es resistente a la roya del cafeto, madura de forma temprana y tiene una alta **producción**, por lo que necesita un buen manejo, sobre todo de fertilizante y de sombra. Se recomienda su cultivo en zonas bajas o medias. Produce frutos y semillas grandes.



Figura 6. *Café Catimor.* Fuente: Tomada de Periódico Hoy⁴

³ Véase, <http://desdeeltrapiche.blogspot.pe/2016/08/un-dia-en-el-cafetal.html>

⁴ Véase, <http://hoy.com.do/coniaf-realizara-programa-de-cafe-resistente-a-la-roya/>

Pache: es una mutación de la variedad típica originaria de Guatemala. Se trata de una planta baja con ramificación secundaria importante, de entrenudos cortos, follaje abundante y termina con una copa plana que le da el nombre de pache. Se consideran satisfactorias su adaptabilidad y producción, aunque ésta segunda es bianual (Besora, 2015).



Figura 7. *Café Pache.* Fuente: Tomada de Anacafé ⁵

El tipo predominante y que se ha adaptado en el lugar de esta investigación es el de tipo café arábica (*coffea arábica*), de variedad catimor y con su nombre científico o código T-867.

Diagrama General del Proceso del Beneficio del Café

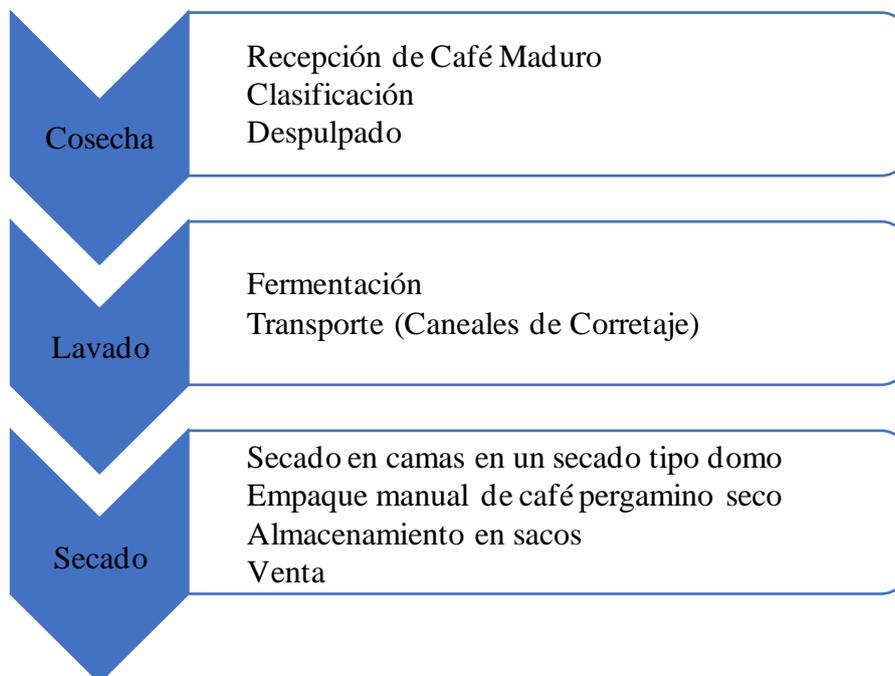


Figura 8. *Proceso de Beneficio de Café, Elaboración propia.*

Proceso de secado del café

⁵ Véase, https://www.anacafe.org/glifos/index.php/Caficultura_VarietasCafeto

El secado del café es una parte importante en el proceso de beneficio. Se realiza para evitar la germinación de la semilla, reducir el contenido de humedad, inhibir el desarrollo de hongos, evitar que el grano sufra daños en su aspecto físico, composición química y para obtener un producto estable que conserve su calidad por amplios periodos de tiempo (Cruz, López, Pascual, & Bataglia, 2010).

Este proceso comprende dos etapas fundamentales: una primera etapa que se manifiesta de la parte de la superficie del grano, donde se realiza una deshidratación prácticamente interrumpido y se logra la más considerable evaporación de agua en un tiempo menor; en esta jornada la humedad se reduce de 55 - 60% a 20-25%. La segunda jornada se realiza en la parte interior del forúnculo en la cual se produce un deshidratado lento porque la evaporación de humedad se da de 20-25% a 10-12% (Junta del Café, 2018).

A lo largo del tiempo se han desarrollado diferentes tecnologías para el secado del café buscando mantener un equilibrio entre eficiencia y economía. Los procesos más económicos se basan en la utilización de energía solar y oscilación de aire por disimilitud de densidad (Henaó, 2015).

Según el sistema de secado recomendado por la cartilla N° 21 de la revista Cenicafe, propone que para fincas menores a 5 700 Kg. (500 arrobas aprox.) anuales de producción de café pergamino seco, el proceso de secado sea en patios según este cuadro:

Tabla 1. Descripción de la Área de secado de café según su producción

Producción de la finca (@de cps/año)	Área de secado (m2)
450 kg. – 40 arrobas	12
900 kg. – 80 arrobas	24
1 130 kg. – 100 arrobas	30
2 260 kg. – 200 arrobas	60
3 400 kg. – 300 arrobas	90
4 520 kg. – 400 arrobas	120
5 650 kg. – 500 arrobas	150

Secado Solar Tipo Invernadero

En este tipo de secado los granos de café se exponen directamente a la radiación solar y al aire ambiente hasta alcanzar la humedad establecida. De esta forma se aprovecha la radiación solar global y la entalpía del aire para el secado, el cual tiene una duración de 7 a 8 días dependiendo de las condiciones climatológicas de la región. Es el método más difundido en países en vía de desarrollo y el más económico, debido a que el calor procedente del sol es gratuito.

La masa de café en el secado solar debe tener unos 2 – 2,5 cm de espesor, que equivale a una arroba de café pergamino seco por metro cuadrado. Con este espesor y revolviendo el café por lo menos cuatro veces al día, se logra un secado parejo del grano (Cenicafe, 2018).

II.1.2 Método Gravimet

Para medir la humedad del café en la finca se utilizan métodos subjetivos, basados en el color y la dureza de las almendras. Sin embargo, en muestras obtenidas en diferentes regiones del país con la aplicación de estos métodos, frecuentemente se obtiene café fuera de rango de comercialización, con efectos adversos en la calidad. (Oliveros, Peñuela, & Jurado, Controle la humedad del café en el secado solar, utilizando el método Gravimet, 2013)

Por esa problemática en Cenicafé⁶, ...desarrolló un método de fácil uso y bajo costo, que permite medir la humedad del café durante el proceso de secado solar y retirarlo cuando está en el rango entre el 10% y el 12% (4,5). El método se basa en la conservación de la materia seca durante el proceso de secado. (Oliveros, Peñuela, & Jurado, Controle la humedad del café en el secado solar, utilizando el método Gravimet, 2013).

Siendo efectivo obteniendo café pergamino seco con humedad entre el 10% y el 12 % en el 97.7% de los casos, en 35 lotes de café, con una altura máxima de capa de 2 cm.

Para desarrollo de este método la revista de Cenicafe te recomienda:

- Emplear café sano, limpio, bien lavado y escurrido en un tanque durante al menos 1 hora.
- Utilizar una canastilla de 12 cm x 12 cm en la base y 5 cm de altura, fabricada en malla plástica, con aberturas que permitan retener los granos de café depositados en su

⁶ Centro Nacional de Investigaciones de Café del Programa de Investigación Científica del Fondo Nacional del Café (Colombia), visite su sitio web <https://www.cenicafe.org/>

interior, aun los más pequeños (4 mm x 4 mm). Las canastillas deben ser translúcidas o blancas, para reducir el efecto de la radiación solar y lograr que las condiciones del aire que rodea a la muestra contenida en su interior (temperatura y humedad relativa) sean similares a las de la capa externa.

Tabla 4. Pesos del café en la canastilla: Inicial, cercano a la finalización del proceso (alerta) y final, para diferentes alturas de la capa de café en el secador.

Altura de la capa de café cm	Peso del café en la canastilla (g)		
	Inicial	Alerta	Final
1,0	100	54 - 55	52 - 53
1,5	150	81 - 83	78 - 79
2,0	200	108 - 110	104 - 105

Figura 9. Tabla del resultado obtenido de la investigación que desarrollo Cenicafé

II.1.3 Dispositivo Móvil o telefonía celular

Según Juan Carlos Franco en la Web de ALPHAPEDIA lo define, como un dispositivo portátil para conectarse a una red de telecomunicaciones con el fin de transmitir y recibir voz, video u otros datos. Los teléfonos móviles generalmente se conectan a la red telefónica pública conmutada (PSTN⁷) a través de una de dos categorías: sistemas de telefonía celular o telefonía global por satélite (Franco, 2019).

Aplicación Móvil

Según la web de Servisoftcorp para ellos las aplicaciones móviles son programas diseñados para ser ejecutados en teléfonos, tablet's y otros dispositivos móviles, que permiten al usuario realizar actividades profesionales, acceder a servicios, mantenerse informado, entre otro universo de posibilidades (Servisoftcorp, 2019).

Es un software que también se lo denomina como app, es un programa informático que se ejecuta en los teléfonos inteligentes como son los Smartphones y también en Tablet u otro

⁷ *Public Switched Telephone Network* (Red Telefónica Pública Conmutada), La red telefónica conmutada se define como el conjunto de elementos constituido por todos los medios de transmisión y conmutación necesarios para enlazar a voluntad dos equipos terminales mediante un circuito físico, específico para la comunicación más información en www.enlacesdelcaribe.com.

dispositivo móvil, el cual sirven para a ayudar agilizar actividades cotidianas de los usuarios (Bajaña, 2019).

Sistema Operativo Móviles

El sistema operativo destinado a controlar en un dispositivo móvil necesita ser fiable y tener una gran estabilidad, ya que incidencias habituales y toleradas en ordenadores personales como reinicios o caídas no tienen cabida en un dispositivo de estas características. Además, ha de adaptarse adecuadamente a las consabidas limitaciones de memoria y procesamiento de datos, proporcionando una ejecución exacta y excepcionalmente rápida al usuario (Choque, 2015).

Entre los más importantes podemos nombrar los siguientes, según la investigación de Movilzona sobre la evolución de los sistemas operativos móvil desde 1999 hasta el tercer trimestre del 2019 (Sanz, 2019):

- Android, con 85.23% del mercado
- IOS, con 10.63% del mercado
- KaiOS con 4.13% del mercado
- Windows Mobile con 0.01% del mercado

II.1.4 Android

Android es un sistema operativo móvil diseñado para dispositivos móviles con pantalla táctil como teléfonos inteligentes o tablet's, pero que también lo encontramos en otros dispositivos como relojes inteligentes, televisores o incluso en los sistemas multimedia de algunos modelos de coches. Un sistema operativo desarrollado por Google y basado en el Kernel de Linux y otros softwares de código abierto y que se ha convertido en el principal responsable de la popularización de muchos dispositivos inteligentes por el hecho de facilitar el uso de una gran cantidad de aplicaciones de forma sencilla. (Adeva, 2020)

Versiones y actualizaciones

Desde su lanzamiento y hasta el día de hoy, Android ha recibido numerosas actualizaciones. Diferentes versiones del sistema que han ido arreglando fallos detectados, añadiendo nuevas funciones, soportes para nuevas tecnologías, etc. Unas versiones que curiosamente han sido desarrolladas bajo un nombre en código de un elemento relacionado con postres o dulces y que además ha ido respetando rigurosamente un orden alfabético (Adeva, 2020).

Tabla 2. Versiones de Android desde sus inicios hasta la fecha

Nombre	Versión	Fecha de Lanzamiento
<i>Android Apple Pie</i>	1.0	23/09/2008
<i>Android Banana Bread</i>	1.1	09/02/2009
<i>Android Cupcake</i>	1.5	25/04/2009
<i>Android Donut</i>	1.6	15/09/2009
<i>Android Eclair</i>	2.1	26/10/2009
<i>Android Froyo</i>	2.3	20/05/2010
<i>Android Gingerbread</i>	2.7	06/12/2010
<i>Android Honeycomb</i>	3.3	22/02/2011
<i>Android Ice Cream Sandwich</i>	4.0.5	18/10/2011
<i>Android Jelly Bean</i>	4.3.1	09/07/2012
<i>Android Kitkat</i>	4.4.4	31/10/2012
<i>Android Lollipop</i>	5.1.1	12/11/2014
<i>Android Marshmallow</i>	6.0.1	05/10/2015
<i>Android Nougat</i>	7.1.2	15/06/2016
<i>Android Oreo</i>	8.1	21/08/2017
<i>Android Pie</i>	9.0	06/08/2018
<i>Android 10</i>	10.0	03/09/2019

Arquitectura de Android

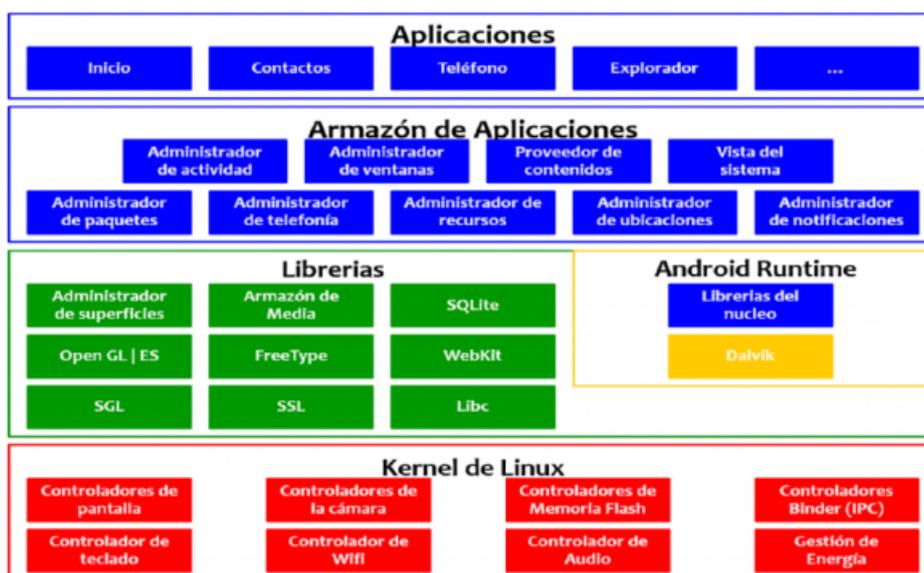


Figura 10. Arquitectura de SO Android, tomada de Blog Tecnología Móvil Disponible en <https://tecnologiamovil128806266.wordpress.com/equipos/>

Núcleo Linux: El núcleo del sistema es Linux y actúa como capa de abstracción entre el hardware del dispositivo y las aplicaciones instaladas. Además, interviene para otros servicios básicos como la seguridad, gestión de memoria, gestión de procesos, pila de red o controladores.

Runtime⁸: Android, incluye un conjunto de bibliotecas que proporcionan la mayor parte de las funciones disponibles en las bibliotecas base del lenguaje de programación Java.

Bibliotecas: Android incluye un conjunto de bibliotecas de C o C++ que son utilizadas por varios componentes del sistema. Estas características se exponen a los desarrolladores a través del marco de las aplicaciones de Android.

Framework de aplicaciones: Android, permite que los desarrolladores tengan acceso a las mismas API del entorno de trabajo utilizadas por las aplicaciones base. Y es que la arquitectura de Android está diseñada para simplificar la reutilización de componentes. Es decir, cualquier aplicación puede publicar sus capacidades y que otras aplicaciones puedan reutilizarlas dentro de unas reglas de seguridad.

Aplicaciones: Android cuenta con ciertas aplicaciones base que permiten el uso de las funciones básicas de un dispositivo como son, correo electrónico, mensajes de texto SMS, calendario, mapas, navegador, contactos y otros. Aplicaciones desarrolladas en lenguaje Java (Adeva, 2020).

II.1.5 Android Studio

Android Studio es el entorno de desarrollo integrado (IDE) oficial para el desarrollo de apps para Android, basado en *IntelliJ IDEA*⁹. Además del potente editor de códigos y las herramientas para desarrolladores de IntelliJ, Android Studio ofrece incluso más funciones que aumentan tu productividad cuando desarrollas apps para Android, como las siguientes (Google Developers, 2020):

- Un sistema de compilación flexible basado en *Gradle*¹⁰
- Un emulador rápido y cargado de funciones
- Un entorno unificado donde puedes desarrollar para todos los dispositivos Android

⁸ Se denomina tiempo de ejecución al intervalo de tiempo en el que un programa de computadora se ejecuta en un sistema operativo

⁹ IntelliJ IDEA, es un entorno de desarrollo integrado para el desarrollo de programas informáticos vea más en: www.jetbrains.com.

¹⁰ Gradle es una herramienta de automatización de compilación de código abierto centrada en la flexibilidad y el rendimiento vea más en: <https://docs.gradle.org>.

- Aplicación de cambios para insertar cambios de códigos y recursos a la aplicación en ejecución sin reiniciar la aplicación
- Integración con GitHub y plantillas de código para ayudarte a compilar funciones de apps comunes y también importar código de muestra
- Variedad de marcos de trabajo y herramientas de prueba
- Herramientas de *Lint* para identificar problemas de rendimiento, usabilidad y compatibilidad de la versión, entre otros
- Compatibilidad con C++ y NDK
- Compatibilidad integrada con Google Cloud *Platform*, que facilita la integración con Google Cloud *Messaging* y *App Engine*.

Componentes de la Aplicación

Los componentes de la aplicación son bloques de creación esenciales de una aplicación para Android. Cada componente es un punto de entrada por el que el sistema o un usuario ingresan a tu aplicación. Algunos componentes dependen de otros.

Vista (*View*)

Las vistas son los elementos que componen la interfaz de usuario de una aplicación. Son, por ejemplo, un botón, una entrada de texto. Todas las vistas van a ser objetos descendientes de la clase *View*, y, por tanto, pueden ser definidas utilizando código Java. Sin embargo, lo habitual va a ser definir las vistas utilizando un fichero XML y dejar que el sistema cree los objetos por nosotros a partir de este fichero (Gironés, 2012).

Diseño (*Layout*)

Un *Layout* es un conjunto de vistas agrupadas de una determinada forma. Vamos a disponer de diferentes tipos de *Layouts* para organizar las vistas de forma lineal, en cuadrícula o indicando la posición absoluta de cada vista (Gironés, 2012).

Actividad (*Activity*)

Una aplicación en Android va a estar formada por un conjunto de elementos básicos de visualización, coloquialmente conocidos como pantallas de la aplicación. En Android cada uno de estos elementos, o pantallas, se conoce como actividad. Su función principal es la creación del interfaz de usuario (Gironés, 2012).

Servicio (*Service*)

Un servicio es un proceso que se ejecuta “detrás”, sin la necesidad de una interacción con el usuario. Es algo parecido a un demonio en Unix o a un servicio en Windows. En Android disponemos de dos tipos de servicios: servicios locales, que pueden ser utilizados por aplicaciones del mismo terminal y servicios remotos, que pueden ser utilizados desde otros terminales (Gironés, 2012).

Intención (*Intent*)

Una intención representa la voluntad de realizar alguna acción; como realizar una llamada de teléfono, visualizar una página web, los componentes lanzados pueden ser internos o externos a nuestra aplicación. También utilizaremos las intenciones para el intercambio de información entre estos componentes (Gironés, 2012).

Se utiliza cada vez que queramos:

- Lanzar una actividad.
- Lanzar un servicio.
- Lanzar un anuncio de tipo broadcast.
- Comunicarnos con un servicio

Receptor de anuncios (*Broadcast receiver*)

Un receptor de anuncios recibe y reacciona ante anuncios de tipo broadcast. Existen muchos originados por el sistema, como por ejemplo batería baja, llamada entrante, aunque, la aplicación también puede lanzar un anuncio broadcast. No tienen interfaz de usuario, aunque pueden iniciar una actividad para atender a un anuncio (Gironés, 2012).

Proveedores de contenido (*Content Provider*)

La compartición de información entre teléfonos móviles resulta un tema vital. Android define un mecanismo estándar para que las aplicaciones puedan compartir datos sin necesidad de comprometer la seguridad del sistema de ficheros. Con este mecanismo podremos acceder a datos de otras aplicaciones, como la lista de contactos, o proporcionar datos a otras aplicaciones (Gironés, 2012).

II.1.6 Aplicaciones de control de temperatura y humedad.

Dentro de algunas aplicaciones móviles para medir la temperatura y humedad ambiental existentes en App Store y Play Store podemos mencionar a *Holo Ambient Temperature*, Termómetro al Aire Libre, *Weather Signal*, @Termómetro, de las cuales podemos decir que

Holo Ambient Temperature, es la aplicación más precisa que demuestra que estos sensores están ahí para algo más allá que un simple sensor (Aplicacionespara.org, 2019).

Como es el método DHS, la primera patente de la Universidad de Manizales - Colombia, creado por el ingeniero Diego López Cardona docente de esa casa superior de estudios, quien innovó en el arte de el secado de café, donde realizó un instrumento conectado a una aplicación móvil, donde al productor alerta cuando su café pergamino está acercándose a la humedad óptima, como exponen en la revista “Eureka, ciencia para la gente”, se diseñó una aplicación móvil que informa cuándo el café se acerca al 12% de humedad. Así, en lugar de tener que ingresar al silo varias veces o tomar muestras repetidas en el patio, solo se debe esperar que suene la alarma para empacar el café y llevarlo a la venta. “Evita que el campesino tenga que estar pendiente todo el tiempo del secado. Deja de usar un método poco confiable, previene accidentes en los silos y le da más tiempo para descansar, compartir con su familia o desarrollar otras actividades”, explica el investigador (Urrego, 2018).

II.1.7 Arduino

Es una plataforma de hardware de código abierto, que basa su funcionamiento en una placa con entradas y salidas (analógicas y digitales), con un entorno de desarrollo que incorpora todo lo que necesitamos para crear programas (Peña, 2017, pág. 28).

Hardware

Con respecto al hardware de Arduino incorpora un microprocesador que permite la programación con un lenguaje de alto nivel. Se trata del elemento encargado de efectuar los procesos matemáticos y lógicos, así como también de gestionar los recursos para cada componente externo que conectemos a la placa principal (Peña, 2017, pág. 29).

Software

Se trata de un IDE o Entorno de Desarrollo Integrado, es decir un conjunto de herramientas que podemos utilizar para programar o desarrollar aplicaciones (Peña, 2017), el IDE de Arduino se compone de:

- **Editor de código**
- **Compilador**
- **Depurador**

Arduino UNO

Arduino Uno es un tablero de microcontrolador basado en el ATmega328P. Tiene 14 pines digitales de entrada / salida (de los cuales 6 se pueden utilizar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un resonador cerámico de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP y un botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para soportar el microcontrolador; simplemente conéctelo a un ordenador con un cable USB o con un adaptador AC-DC o batería para empezar (Atmel, 2015).

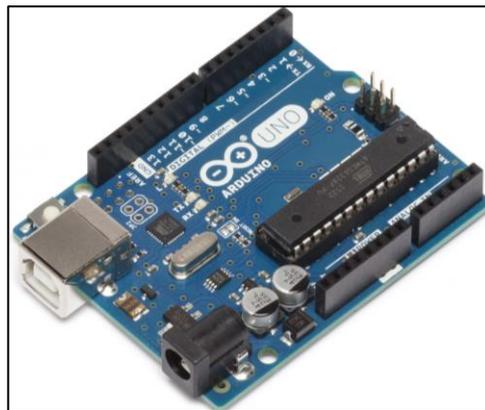


Figura 11. Arduino UNO (Placa más conocida de la marca). Fuente. Recursos Libres

Especificaciones:

Tabla 3. Especificaciones del Microcontrolador Arduino UNO

Microcontrolador	ATmega328P
Voltaje	5V
Pines de E/S digitales	14
Largo	68,6 mm
Ancho	53,4 mm
Peso	25 g

Sensor Arduino Temperatura y Humedad KY015 DHT11

El módulo DHT11 o KY-015 es un sensor de temperatura y humedad relativa de media precisión, este módulo usa un termistor NTC y un sensor capacitivo de humedad para determinar las condiciones del entorno, tiene un tamaño ultra, es compacto de bajo consumo de energía y tiene gran utilidad cuando se requiere detectar dos magnitudes al mismo tiempo (CDMX Electrónica, 2020).



Figura 12. Sensor de Arduino de Temperatura y Humedad KY015 DTH11, Tomada de Robotica.School <https://www.robotica.school>

Especificaciones

- Tipo: Sensor de temperatura y humedad DHT11
- Código de modelo: KY-015
- Altura: 19 mm
- Largo: 17 mm
- Ancho: 19 mm
- Voltaje de funcionamiento: 3.5 V a 5.5 V
- Rango de medición de humedad: 20% a 90% RH (Error de medición de humedad: +- 5%)
- Resolución de medición de humedad: 1% RH
- Rango de medición de temperatura: 0 °C a 50 °C [32 °F a 122 °F] (Error de medición de temperatura: +-2 grados)
- Resolución de medición de temperatura: 1 °C
- Rango de transmisión de señal: 20 metros
- Peso: 2 gr

Celda de carga y módulo amplificador HX711

Celda de carga para medir peso de hasta 50 Kg. La celda es ideal para poder medir variaciones sobre presión en una superficie o como simple transductor para medir un peso de algún elemento en contacto con el dispositivo (Tecneu, 2019).

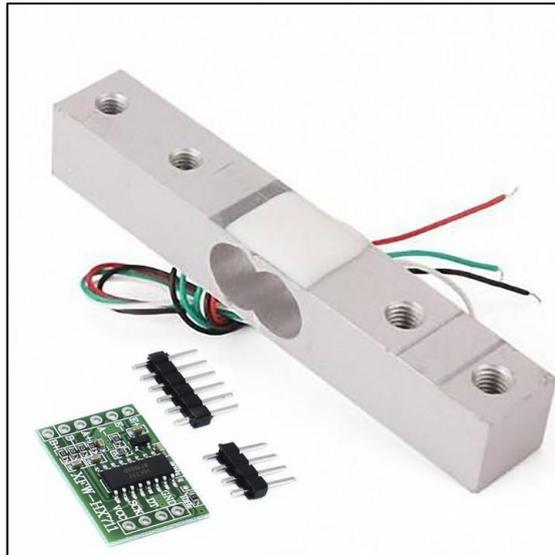


Figura 13. Sensor de peso celda de carga 10kg con HX711, Tomada de Tecneu en <https://www.tecneu.com>

Características:

- Voltaje de alimentación: 3 V - 12 V
- Rango de carga: 10 Kg
- Salida nominal: $1,0 \pm 0.15$ mV / V
- Rango de temperatura: -20 - 60 °C
- Material: Aleación de aluminio
- Conexiones:
 - Rojo: Alimentación +
 - Negro: Fuente -
 - Verde: Señal +
 - Blanco: Señal -
- Grado de protección: IP65
- Impedancia de entrada: 1115 Ohms
- Impedancia de salida: 1000 Ohms
- Largo de cables: 20 cm

Características HX711:

- Digitalización completa en el chip HX711
- Conexión a protoboard o tarjeta con header estándar
- 2 canales diferenciales de entrada
- Interfaz de salida digital serial
- Regulador integrado en chip para fuente analógica
- Voltaje de operación: 2.7 – 5 volts

- Corriente de operación: < 1.5mA
- Corriente en espera: <1 uA
- Operación seleccionable: 80 y 10 muestras por segundo

Modulo Bluetooth HC-06

El módulo Bluetooth HC-06 es un dispositivo que soporta conexiones inalámbricas a través del protocolo “bluetooth”. Los módulos Bluetooth se pueden comportar como esclavo o maestro, los cuales sirven para escuchar peticiones de conexión y otros para generar peticiones de conexión. Si algún dispositivo se conecta, el módulo transmite a este todos los datos que recibe desde nuestro microcontrolador y viceversa (CDMX Electrónica, 2020).

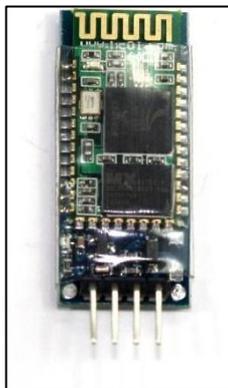


Figura 14. Módulo Bluetooth RS232 HC-06, tomada de Taloselectronics en el sitio <https://www.taloselectronics.com>

Especificaciones:

- Versión Bluetooth: V2.0+EDR
- Voltaje: 3.3 V
- Tasa de baudios (Baud Rate¹¹): 9600,8,1,n
- Rango de señal; 10 m
- Dimensiones: 37.3 x 16.6 x 4.2 mm
- Peso: 4 g
- Modo: Esclavo

II.1.8 Metodología Ágil SCRUM

Según los desarrolladores SCRUM, es un marco de trabajo dentro del cual se pueden emplear varios procesos y técnicas. Scrum muestra la eficacia relativa de las técnicas de gestión de

¹¹ Baud Rate: También conocida como baudaje, es el número de unidades de señal por segundo. Un baudio puede contener varios bits

producto y las técnicas de trabajo, de modo que podamos mejorar continuamente el producto, el equipo y el entorno de trabajo. (Schwaber & Surtheland, 2017).

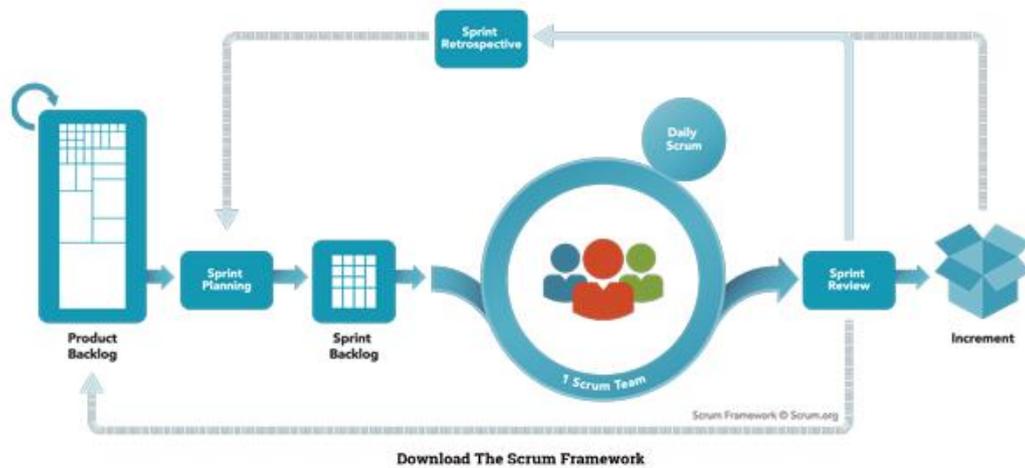


Figura 15. SCRUM Framework, obtenido de www.scrum.org

Scrum se basa en la teoría del control de procesos empírica o empirismo. El empirismo asegura que el conocimiento procede de la experiencia y de tomar decisiones basándose en lo que se conoce. Scrum emplea un enfoque iterativo e incremental para optimizar la predictibilidad y el control del riesgo (Schwaber & Surtheland, 2017).

Según los creadores de este marco de trabajo, los tres pilares soportan toda la implementación del control de procesos empírico: transparencia, inspección y adaptación (Schwaber & Surtheland, 2017).

Roles

Como lo define la guía en su versión 2017, los Equipos Scrum son autoorganizados y multifuncionales. Los equipos autoorganizados eligen la mejor forma de llevar a cabo su trabajo y no son dirigidos por personas externas al equipo. Los equipos multifuncionales tienen todas las competencias necesarias para llevar a cabo el trabajo sin depender de otras personas que no son parte del equipo. El modelo de equipo en Scrum está diseñado para optimizar la flexibilidad, la creatividad y la productividad (Schwaber & Surtheland, 2017).

Marcando los siguientes roles:

- El Dueño de Producto es la única persona responsable de gestionar la Lista del Producto (*Product Backlog*).
- El Equipo de Desarrollo consiste en los profesionales que realizan el trabajo de entregar un incremento de producto “Terminado” que potencialmente se pueda poner en producción

al final de cada Sprint. ... La organización es la encargada de estructurar y empoderar a los Equipos de Desarrollo para que estos organicen y gestionen su propio trabajo.

- Los Scrum Master hacen esto ayudando a todos a entender la teoría, prácticas, reglas y valores de Scrum. El Scrum Master es un líder que está al servicio del Equipo Scrum. El Scrum Master ayuda a las personas externas al Equipo Scrum a entender qué interacciones con el Equipo Scrum pueden ser útiles y cuáles no (Schwaber & Sutherland, 2017).

Eventos

En Scrum existen eventos predefinidos con el fin de crear regularidad y minimizar la necesidad de reuniones no definidas en Scrum (Schwaber & Sutherland, 2017).

- El Sprint¹²
- Planificación de Sprint (Sprint Planning)
- Objetivo del Sprint (Sprint Goal)
- *Before Sprint* (Daily Scrum)
- Revisión de Sprint (Sprint Review)
- Retrospectiva de Sprint (*Sprint Retrospective*)

Artefactos

Los artefactos de Scrum representan trabajo o valor en diversas formas que son útiles para proporcionar transparencia y oportunidades para la inspección y adaptación. Los artefactos definidos por Scrum están diseñados específicamente para maximizar la transparencia de la información clave, necesaria para asegurar que todos tengan el mismo entendimiento del artefacto. (Schwaber & Sutherland, 2017).

- Lista de Producto (Product Backlog)
- Lista de Pendientes del Sprint (Sprint Backlog)
- Incremento.

Diagrama KanBan

La palabra Kanban viene del japonés y traducida literalmente, quiere decir tarjeta con signos o señal visual. El tablero más básico de Kanban está compuesto por tres columnas: “Por hacer”, “En proceso” y “Hecho”. Si se aplica bien y funciona correctamente, serviría como

¹² Sprint, es el nombre que va a recibir cada uno de los ciclos o iteraciones que vamos a tener dentro de un proyecto Scrum.

una fuente de información, ya que demuestra dónde están los cuellos de botella en el proceso y qué es lo que impide que el flujo de trabajo sea continuo e ininterrumpido (Kanbanize, 2019).



Figura 16. Ejemplo de diagrama Kanban, obtenida de <https://revistadigital.inesem.es/>

II.2 Métodos

II.2.1 Ubicación del área de estudio

Esta investigación se desarrolló en el sector los “Olivos” ubicado en el distrito Omia, provincia de Rodríguez de Mendoza, Amazonas, localizado al sureste del distrito de Omia, a una altitud de 1410 m.s.n.m. Cuenta con un clima húmedo tropical donde la temperatura promedio es de 25 °C aproximadamente y, 90% de humedad¹³.



Figura 17. Secador Tipo Domo Sector los Olivos - Omia - Rodríguez de Mendoza - Amazonas

¹³ Datos encontrados en el sitio web de The Weather Channel – IBM Climate.

II.2.2 Características socioeconómicas

El distrito de Omia está ligado al desarrollo del sector agropecuario, especialmente al cultivo de café y otros productos frutales. En este sentido, la agricultura representa la mayor participación agrícola de todas las actividades económicas que se desarrolla en el distrito.

II.2.3 Población y muestra de estudio.

La población corresponde a las cosechas del primer semestre del 2020 de la localidad de los “Olivos” perteneciente al distrito de Omia, provincia de Rodríguez de Mendoza. Se consideró como unidad de muestreo a cada porción de café pergamino (coffea arábica) de variedad Catimor T-8667, en el proceso de secado en un secador de tipo domo a temperaturas ambientales distintas, obtenidas en la cosecha del cual se requiere medir la humedad en el proceso de secado, en total se tendrá 250 000 granos (500 Kg. aprox.) obtenidos de las parcelas del sector de los Olivos, la muestra está conformada 595 gramos (1 kg) que equivale 5% de la población, la que se seleccionó usando la técnica de muestreo no probabilístico por conveniencia sujetos a que cada grano seleccionado sea perfecto sin deformaciones por hongos u otras enfermedades.

II.2.4 Diseño de investigación.

Para el presente estudio se tiene en cuenta un diseño de investigación descriptiva, de observación:

$$G: \rightarrow O_i$$

Donde:

G: grupo observado, $i = \{1, 2, 3, \dots, 15\}$

i: vigésimo día.

II.2.5 Técnicas e instrumentos

Técnicas para la recolección de datos

Instrumentos para la recolección de datos

- Hoja de registro
- Teléfono inteligente

Instrumentos para las pruebas de la aplicación móvil (observación)

- Arduino con sensor acoplado
- Tablet y Smartphones.

Instrumentos para medir la humedad real del café pergamino.

- Higrómetro, medidor de humedad calibrado.

Procedimiento para la recolección de datos

Para la recolección de datos se hará tres veces al día, a las 08:00 am, 12:00 p.m. y a las 18:00 pm., teniendo en cuenta el cambio de temperatura durante el día. Estos datos serán clasificados, registrados, tabulados y codificados en computadora para el modelamiento y programación en la aplicación móvil.

II.2.6 Desarrollo de la aplicación “SeCoffee”

Se utilizó la metodología de desarrollo ágil SCRUM con la utilización del método Kanban, para la creación de la aplicación, que será enmarcada en las etapas que son denominadas: Planificación, Desarrollo, Revisión o Pruebas de Funcionamiento y Retroalimentación. La aplicación incluirá el modelo matemático resultado de la recolección de datos histórico del proceso de secado de cada unidad de observación (muestra).

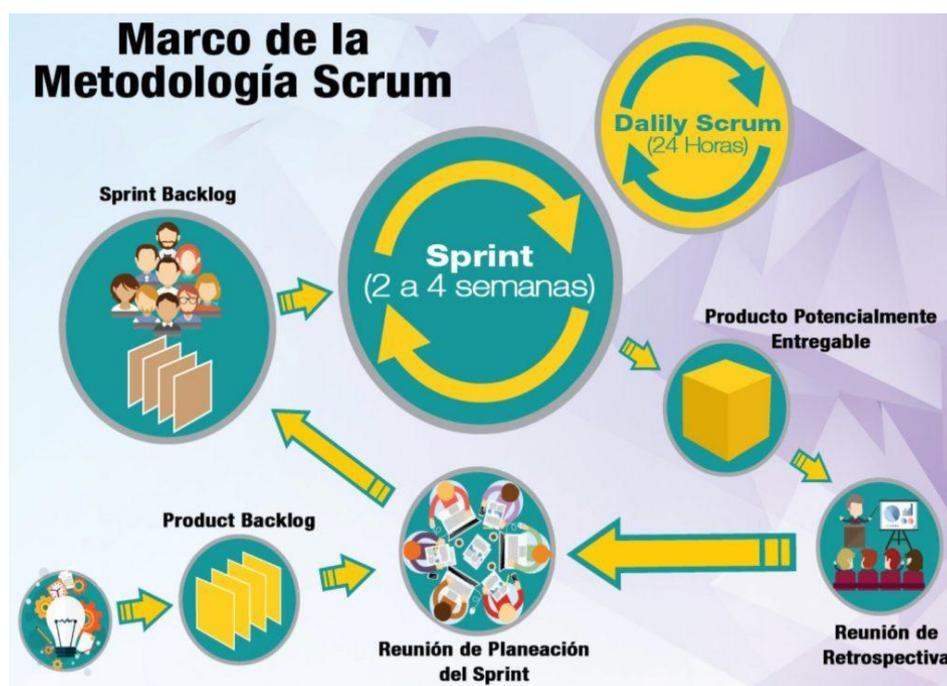


Figura 18. Marco de la metodología para el desarrollo de la App Fuente: Tomada de webipedia.es

Roles

- **ScrumMaster:** asesorado por el Magister Ing. Abraham Sopla Maslucán.
- **Product owner (PO):** Presidente de la Cooperativa de AgroExpor-Amazonas el señor Eutimio Camus con apoyo de Helova Café S.A.C.

- **Equipo (Team):** Victor Deywis Vargas Portocarrero como desarrollador e investigador asesorado por el Scrum Master y el Ing. Hugo Vargas Portocarrero como asesor sobre los temas relacionados con el Café.

Eventos

- **Planificación de Sprint (*Sprint Planning*):** Máximo de 8 horas para planificar un sprint de un mes desde el *product backlog*, siempre con un entregable o producto al término de cada sprint.
- **El Sprint:** Duración de más de 2 semanas y no mayor a 4 Semanas, recomendaciones de la Guía Scrum.
- **Objetivo del Sprint (*Sprint Goal*):** Es la meta establecida para cada Sprint que puede lograrse mediante la implementación de la Lista de Producto (Schwaber & Surtheland, 2017).
- **Before Sprint (*Daily Scrum*):** Es una reunión con un bloque de tiempo de 15 minutos para el Equipo de Desarrollo (Schwaber & Surtheland, 2017), según la guía se recomienda en la reunión sea parados y no sentados, se lleva a cabo cada día del sprint. En él se planea el trabajo para las siguientes 24 horas, para ello se emplea las siguientes preguntas.
 - ¿Cómo te fue en la anterior tarea, alguna dificultad?
 - ¿Qué herramientas necesitas para la actual tarea?
- **Revisión de Sprint (*Sprint Review*):** Al final del Sprint se lleva a cabo una Revisión de Sprint para inspeccionar el Incremento y adaptar la Lista de Producto si fuese necesario. Durante la Revisión de Sprint, el Equipo Scrum y los interesados colaboran acerca de lo que se hizo durante el Sprint (Schwaber & Surtheland, 2017). La duración de esta reunión no es mayor a 4 horas.
- **Retrospectiva de Sprint (*Sprint Retrospective*):** Es una oportunidad para el Equipo Scrum de inspeccionarse a sí mismo y de crear un plan de mejoras que sean abordadas durante el siguiente Sprint, ... tiene lugar después de la Revisión de Sprint y antes de la siguiente Sprint. Se trata de una reunión de, a lo sumo, tres horas para Sprints de un mes. (Schwaber & Surtheland, 2017)

Artefactos

Lista de Producto (*Product Backlog*): La Lista de Producto es una lista ordenada de todo lo que se conoce que es necesario en el producto. Es la única fuente de requisitos para cualquier cambio a realizarse en el producto. (Schwaber & Surtheland, 2017)

Lista de Pendientes del Sprint (*Sprint Backlog*): ... es una predicción hecha por el Equipo de Desarrollo acerca de qué funcionalidad formará parte del próximo Incremento y del trabajo necesario para entregar esa funcionalidad en un Incremento “Terminado”. (Schwaber & Surtheland, 2017)

Incremento: es la suma de todos los elementos de la Lista de Producto completados durante un Sprint y el valor de los incrementos de todos los *Sprint's* anteriores. ... Un incremento es un cuerpo de trabajo inspeccionable y terminado que respalda el empirismo al final del Sprint. El incremento es un paso hacia una visión o meta. (Schwaber & Surtheland, 2017)

DESARROLLO DE LA APLICACIÓN.

Planificación

Backlog (Product Owner)

1. El productor debe poder conectar de manera fácil, el teléfono móvil (Smartphone) con el dispositivo electrónico mediante un icono o botón de conexión Bluetooth (**necesario**).
2. La aplicación debe recibir los datos del dispositivo electrónico, datos de temperatura del ambiente del secador solar en grados centígrados (C°) y el peso del café pergamino seleccionada para la muestra en gramos por cosecha, como nos describe el método Gravimet (**necesario**).
3. La aplicación debe mostrar en tiempo real los datos de temperatura y peso, además debe de calcular la humedad aproximada de la muestra de la cosecha actual (**necesario**).

Planificación del Sprint

Entre el Scrum Master define el tiempo (2 horas max.) y los mecanismos a llevar a cabo para este evento, en esta se define los Sprint (2 a 3 semanas) detallando de manera técnica, para su posterior desarrollo de los requisitos del Product Owner.

Sprint Backlog

1. Sprint A.1

Duración de Sprint: **3 semanas.**

- a. Estudio de los componentes necesarios para la construcción del dispositivo, investigación y estudio de mercado para una compra óptima para la posterior construcción en masa.

- b. Diseño y construcción del hardware del dispositivo electrónico, con los instrumentos necesarios para la comunicación de los sensores de temperatura y peso.
- c. Programación del microcontrolador Arduino.
 - Programación del sensor de temperatura.
 - Programación de la celda de carga con el módulo amplificador HX711.
 - Programación del módulo bluetooth H06.

2. Sprint A.2

Duración de Sprint: **4 semanas.**

- a. Codificar las variables de la aplicación, enlazando variable con su componente de la interfaz de usuario.
- b. Codificar el servicio de Bluetooth para el sistema operativo Android.
- c. Testear y validación de la conexión de bluetooth y la recepción de datos (Temperatura y Peso) del dispositivo electrónico Arduino hacia la interfaz usuaria de la aplicación.

3. Sprint A.3

Duración de Sprint: **8 semanas.**

- a. Monitorización durante el proceso de secado del café pergamino entre 5 a 7 días según la temperatura climatológica de la zona.
- b. Registro de datos durante el proceso de secado, de los datos de Temperatura y Peso diaria del dispositivo electrónico instalado en el secador solar; y la humedad real con el higrómetro facilitado por el Product Owner.
- c. Elaborar la ecuación con los datos registrados para determinar en tiempo real la humedad de la muestra en la aplicación móvil.
- d. Elaborar la ecuación con los datos registrados para determinar la aproximación del tiempo de secado faltante para que el café se acerque su humedad óptima para la venta.

Desarrollo de los Sprint

El desarrollo de los sprint se llevará a cabo de lunes – viernes.

Sprint A.1

Inicio: 02 de diciembre del 2019.

Fin: 26 de diciembre del 2019.

Diagrama Kanban

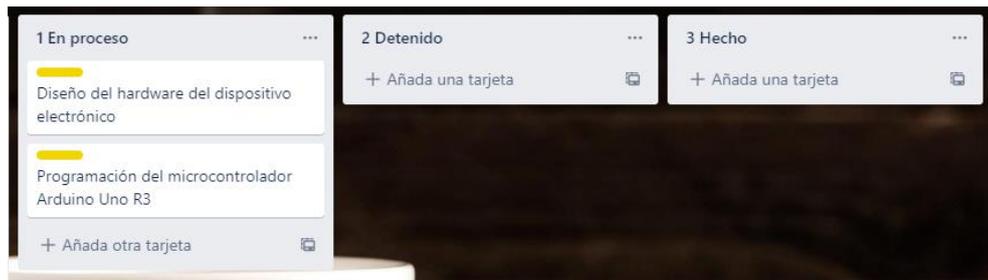


Figura 19. Tarjetas KanBan para el Sprint A.1, creado en el programa Trello.

Tarea A. Diseño y construcción del hardware del dispositivo electrónico, con los instrumentos necesarios para la comunicación de los sensores de temperatura y peso.

Before Sprint 15'

¿Qué herramientas son necesarias para esta tarea?

Se requiere tener en cuenta la fragilidad de los sensores y de sus pines (patitas de conexión), además se dispondrá del libro referencia de Arduino y Android Proyectos wearable para Smart Watches, Smart tv y dispositivos móviles de la editorial Alfaomega, México, y también revisando la documentación de la página oficial de Arduino¹⁴.

Desarrollo

Se revisó la documentación pertinente sobre la utilización de cada componente a conectar al microcontrolador Arduino R3, se realizó de la virtualización del diseño y se asignó los pines de la siguiente manera:

- **Fuente de Poder**
 - Pin de Alimentación: (rojo) 5V y (negro) VCC.
- **Modulo Bluetooth H06**
 - Se conectó el RX del módulo al pin 11 (TX) digital del Arduino UNO.
 - Se conectó el TX del módulo al pin 10 (RX) digital del Arduino UNO.
- **Sensor de DHT11**
 - Se conectó el pin de la Data del sensor al pin 2 digital del Arduino UNO.
- **Celda de carga con el módulo amplificador HX711**
 - Se conectó el DO/RX del módulo al pin A3 (TX) analógico del Arduino UNO.
 - Se conectó el CK/TX del módulo al pin A2 (RX) analógico del Arduino UNO.

¹⁴ Página de la documentación, visita <https://www.arduino.cc/en/main/docs>, para mayor información.

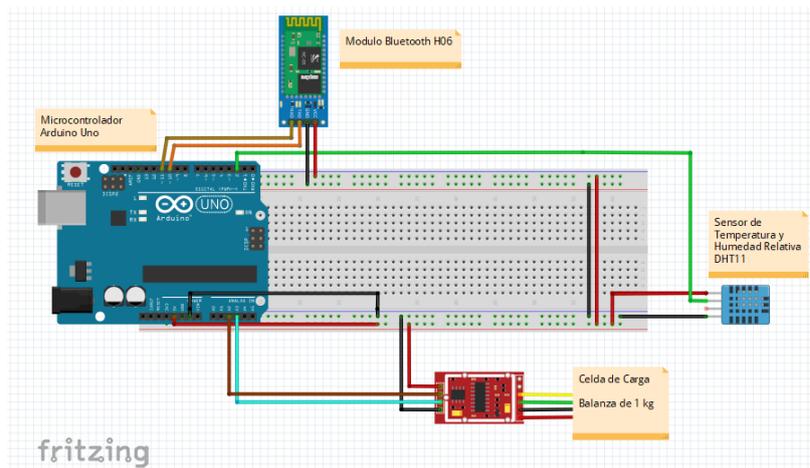


Figura 20. Diseño virtual del Hardware del dispositivo electrónico, echo en Fritzing.

Tarea B. Programación del microcontrolador Arduino R3.

La programación se hace mediante el IDE de Arduino, donde se programa el microprocesador Arduino Uno, reciba valores de los sensores de temperatura y peso, luego se envía a la aplicación receptora del dispositivo móvil mediante el sensor de transferencia bluetooth Módulo Bluetooth HC-06.

```
#include "DHT.h" // Librería para el sensor DHT11
#include "HX711.h" // Librería para el convertidor HX711
#include <SoftwareSerial.h> // Librería para la comunicación para el
BT
//-----//
#define DOUT A3 // Definir la variable DOUT cómo A3
#define CLK A2 // Definir la variable CLK cómo A2
#define DHTPIN 2 // Definir la variable DHTPIN como 2
#define DHTTYPE DHT11 // Definir la variable DHTTYPEPER como DHT11
//-----//
float tara = 1; // Definir como flotante la var. tara y con valor
1
float Bal; // Definir como flotante la var. Bal
int t; // Definir como entero la var. t
char buffer[20]; // Definir como carácter el buffer con tamaño 20
HX711 balanza; // Establecer la comunicación del HX711 como balanza
DHT dht (DHTPIN, DHTTYPE); // Establecer la var DHT con las variables puestas
//-----//
SoftwareSerial BTserial (10, 11); // RX, TX
//-----//
void setup() {
```

```

delay(1000);    // Tiempo de espera de 1000 ms
Serial.begin(9600); // Establecer la com serial con 9600 baudios
Serial.println("Arduino listo");

delay(500);    // Tiempo de espera de 500 ms
BTserial.begin(9600); // Establecer la com. serial del BT a 9600 baudios
Serial.println("Bluetooth listo");

delay(500);    // Tiempo de espera de 500 ms
balanza.begin(DOUT, CLK); // Establecer la config. de la balanza
Serial.println("Balanza lista");

delay(500);    // Tiempo de espera de 500 ms
dht.begin();   // Inicializar la config. del DHT
Serial.println("DHT11 listo");

delay(500);    // Tiempo de espera de 500 ms
pinMode(2, INPUT); // Establecer el pin 2 como entrada
balanza.set_scale(222000); // Establecer la escala de la balanza
balanza.tare(tara); // Establecer la tara
Serial.println("Todo listo....");
}

//-----//
void loop() {
  delay(100); // Tiempo de espera de 100 ms
  t = dht.readTemperature(); // Leer la temp. y colocarlo en la var. t
  Bal = balanza.get_units(20),0; // Leer la balanza y colocarlo a la var. Bal
  if (Bal < 0){
    Bal = abs(Bal); // Si es negativo, cambiarlo a positivo
  }
  if (isnan(t)) {
    Serial.println("Error al leer el Sensor DHT!!!"); // De no leer el DHT, error
    return;} // Para el código hasta leerlo bien
  char in = BTserial.read();
  if (in == 't' or in == 'T'){ //
    tara = Bal; // Zona de prueba
    balanza.tare(tara); //
  } //
  delay(100); // Tiempo de espera de 100 ms
  Serial.print("Temperatura: "); //
  Serial.print(t); //

```

```

BTserial.print(t);           //
BTserial.print(" °C");       //
Serial.print("°C || ");     //
Serial.print("Tara: ");     //
Serial.print(tara);         //
BTserial.print(",");        // Separador de variables para Android
Serial.print("||");         // Separador de cadena de
Serial.print("Valor balanza: "); //
Serial.print(Bal);         //
Serial.print(" Kg");        //
BTserial.print(Bal);       //
BTserial.print(" Kg");     //
}

```

Revisión

Sprint Review A.1

Se revisó el diseño y la programación, dando el ajuste en la balanza, ya que la opción Tara no se ejecutaba, dando retrasos y datos inválidos a la consola del software de Arduino IDE.

Pruebas (Retroalimentación)

Sprint Retrospectiva A.1

Se realizó la retroalimentación, corrigiendo este defecto de tarar el peso de la canastilla, y así el funcionamiento del dispositivo quedó muy bien.

Sprint A.2

Inicio: 20 de enero del 2020.

Fin: 28 de febrero del 2020.



Figura 21. Tarjetas KanBan para el Sprint A.3, creado en el programa Trello

Tarea A. Codificar las variables de la aplicación.

Before Sprint 15'

¿Qué herramientas necesitas para esta tarea?

Se necesita un IDE de desarrollo Android, para enlazar los componentes del diseño con las variables de desarrollo.

Desarrollo

Se codifico cada variable de la interfaz de usuario, como las variables de temperatura y peso, que provienen del dispositivo electrónico, que serán transmitidos a través de la conexión bluetooth que se programará de la aplicación móvil con el dispositivo móvil.

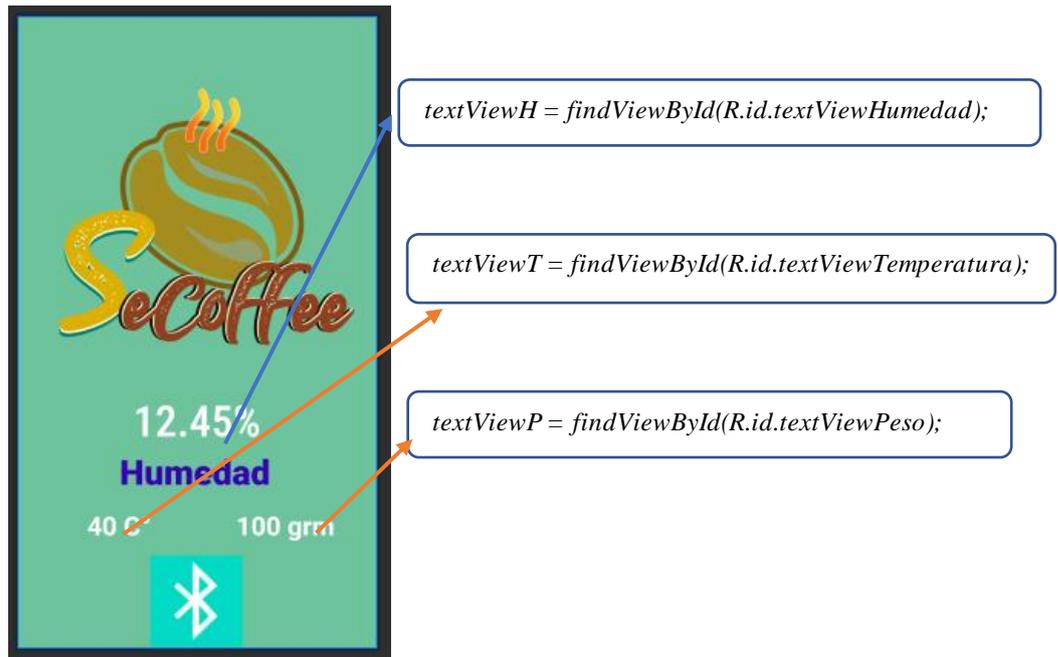


Figura 22. Display principal de la aplicación

Tarea B. Investigación de toda la documentación necesitada para conectar un dispositivo electrónico Arduino con el sensor de Bluetooth HC-06

Before Sprint 15'

¿Cómo te fue en la anterior tarea, alguna dificultad?

Se llevó a cabo sin inconveniente alguno, terminando la tarea programada, en el tiempo requerido.

¿Qué herramientas necesitas para esta tarea?

Se necesita investigar sobre la conexión de punto a punto del dispositivo electrónico el Módulo Bluetooth HC-06 toda su *Data Sheet* relacionado a la conexión con la aplicación móvil.

Desarrollo

La documentación existente y ejemplos investigados sobre la conexión del microcontrolador Arduino con Aplicaciones con sistema operativo Android, por bluetooth, se basan en la transferencia por los puertos seriales Tx y Rx, se conecta de manera inversa, ósea el arduino con el componente de Bluetooth envía mensaje con datos por el serial Tx y la aplicación recibe estos datos por su serial Rx, de igual manera el envió de datos de la aplicación móvil hacia el microcontrolador Arduino.

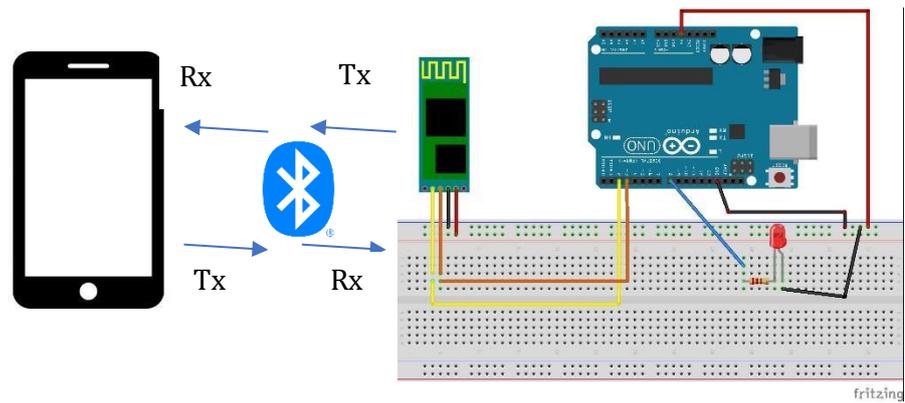


Figura 23. Esquema de la comunicación de punto a punto mediante bluetooth

Tarea C. Codificar el servicio de Bluetooth.

Before Sprint 15'

¿Cómo te fue en la anterior tarea, alguna dificultad?

Se llevó a cabo sin inconveniente alguno, terminando la tarea programada.

¿Qué herramientas necesitas para esta tarea?

Tendremos que programar permisos de bluetooth en la app para que se encienda el módulo bluetooth del teléfono y muestre los dispositivos entrelazados, y posteriormente conectar con el dispositivo electrónico.

Desarrollo

Se tuvo que configurar el permiso para utilizar el módulo bluetooth del teléfono, luego se tuvo que diseñar en un *list view* para contener la lista de dispositivos activos emparejados del teléfono inteligente.

```
<uses-permission android:name="android.permission.BLUETOOTH" />
<uses-permission android:name="android.permission.BLUETOOTH_ADMIN" />
```

AndroidManifest.xml



Figura 24. List View, para mostrar los dispositivos emparejados al teléfono.

Programar la conexión y emparejamiento con un touch sobre el dispositivo emparejado nombre del bluetooth del módulo del dispositivo electrónico, en el list view.

```

dispList.setOnItemClickListener(new AdapterView.OnItemClickListener() {
    @Override
    public void onItemClick(AdapterView<?> adapterView, View view, int i, long
1) {
        blue.bluetoothSeleccion(i);
    }
});

```

Programar la recepción de datos en las variables de salida de temperatura y peso, provenientes del dispositivo electrónico en tiempo real, Para esto se creará hilos y con subprocesos ya predefinidos del mismo Android (onPause, onResume, onDestroy), la emisión de estos datos será en un cadena (*string*) con pausas ya programadas (*delay*) en el microcontrolador arduino, que están separadas por una coma “,”; y en la recepción de esto esta programará un *Split* que dividirá la cadena en dos partes temperatura y peso en ese orden.

```

new Thread(new Runnable() {
    @Override
    public void run() {
        while(!inithilo){
            delay(500L);
        }
        while (hilo){

```

```

        blue.mTx("P");
        delay(1000L);
        mensaje = blue.mRx(); // Contiene el bloque del mensaje del
bluetooth del Arduino
        if (mensaje != ""){
            String[] parts = mensaje.split(",");
            temp= parts[0];
            peso= parts[1];
            if (hilo){
                runOnUiThread(new Runnable() {
                    @Override
                    public void run() {
                        textViewT.setText(temp);
                        textViewP.setText(peso);
                    }
                });
            }else{
                break;
            }
            blue.mensajeReset();
        }
        delay( 1000L);
    }
    System.out.println("Terminar Hilo");
}
}).start();

```

Cada mensaje será eliminado para evitar la acumulación de datos con la función mensajeReset.

Tarea D. Testeo y validación la conexión de bluetooth y la recepción de datos.

Before Sprint 15'

¿Cómo te fue en la anterior tarea, alguna dificultad?

Se tuvo inconveniente en la forma de separar la cadena de datos, y con consultas e investigaciones se pudo encontrar documentación relacionada a la dificultad.

¿Qué herramientas necesitas para esta tarea?

Se necesita tener elementos complementarios ya sean termómetros ambientales y balanza digital, que nos ayuden a aprobar la recepción correcta de datos.

Desarrollo

Se instaló el dispositivo electrónico con todo lo necesario y se corroboró la precisión de los datos de peso y temperatura aproximada del dispositivo electrónico, con termómetro laser y una balanza digital ambas de alta precisión, se conectó siguiendo los pasos para la conexión del teléfono inteligente y con el dispositivo electrónico.

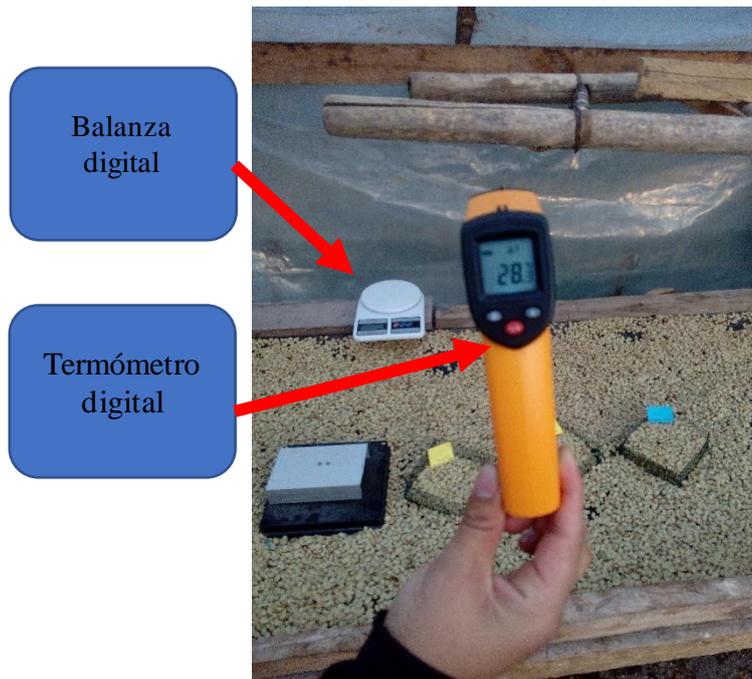


Figura 25. Termómetro láser y al fondo la Balanza digital, foto tomada dentro del secador tipo domo.

Revisión

Sprint Review A.3

Se tuvo que reprogramar la conversión de la balanza a gramos, ya que era un problema al visualizar en la aplicación en decenas.

Pruebas (Retroalimentación)

Sprint Retrospectiva A.3

Se levantó la dificultad encontrada, haciendo que el microcontrolador envié los datos, ya en gramos y así poder visualizar mejor los datos en el teléfono.

Sprint A.3

Inicio: 02 de marzo del 2020.

Fin: 20 de marzo del 2020.



Figura 26. Tarjetas Kanban para el Sprint A.4, creado en el programa Trello

Tarea A-B. Monitorización y registro de datos durante el proceso de secado del café pergamino entre 5 a 6 días según el clima de la zona.

Before Sprint 15'

¿Qué herramientas necesitas para esta tarea?

Se monitoreará y registrará los datos de temperatura y peso en tiempo real en la aplicación móvil y también se registrará con el higrómetro en el horario siguiente de 08:00 - 09:00 am, 12:00 – 13:00 pm y 17:00 – 18:00 pm., aprovechando el calor máximo la perpendicular del sol hacia la tierra.

Desarrollo

Se tomó datos del proceso de secado durante cada cosecha, para almacenarlas en una hoja de cálculo, para tener historial de los datos sobre el desgaste de peso, temperatura y humedad (con la ayuda de un higrómetro), que se obtienen por cada cosecha, y se seleccionó tres muestras de 200, 300 y 400 gramos, en un formato de canasta construida en malla de metal, donde cada muestra tiene un grosor 2, 3 y 4 cm, con el fin de elegir la muestra mejor ligada para la investigación.



Figura 27. Canastillas de 12 x 12 x 5 cm, con los tres tipos de muestra inicial.

Tarea C. Elaborar el modelo matemático, con los datos registrados para determinar en tiempo real la precisión del cálculo de la humedad.

Before Sprint 15'

¿Cómo te fue en la anterior tarea, alguna dificultad?

Se llevó a cabo sin inconveniente alguno, terminando la tarea programada.

¿Qué herramientas necesitas para esta tarea?

Se elabora la ecuación para determinar la humedad en tiempo real con los datos obtenidos desde el dispositivo electrónico y se medirá la precisión de dicho resultado con el higrómetro para observar la cercanía en porcentaje (%).

Desarrollo

Se agrupó los datos recolectados preliminarmente para tener un registro de muestras, con las que se promedió cada una para tener la curva del proceso de secado del café, y con la correlación que existe entre el desgaste de peso y la humedad, se tiene como resultado el siguiente gráfico con la línea exponencial tendencia.

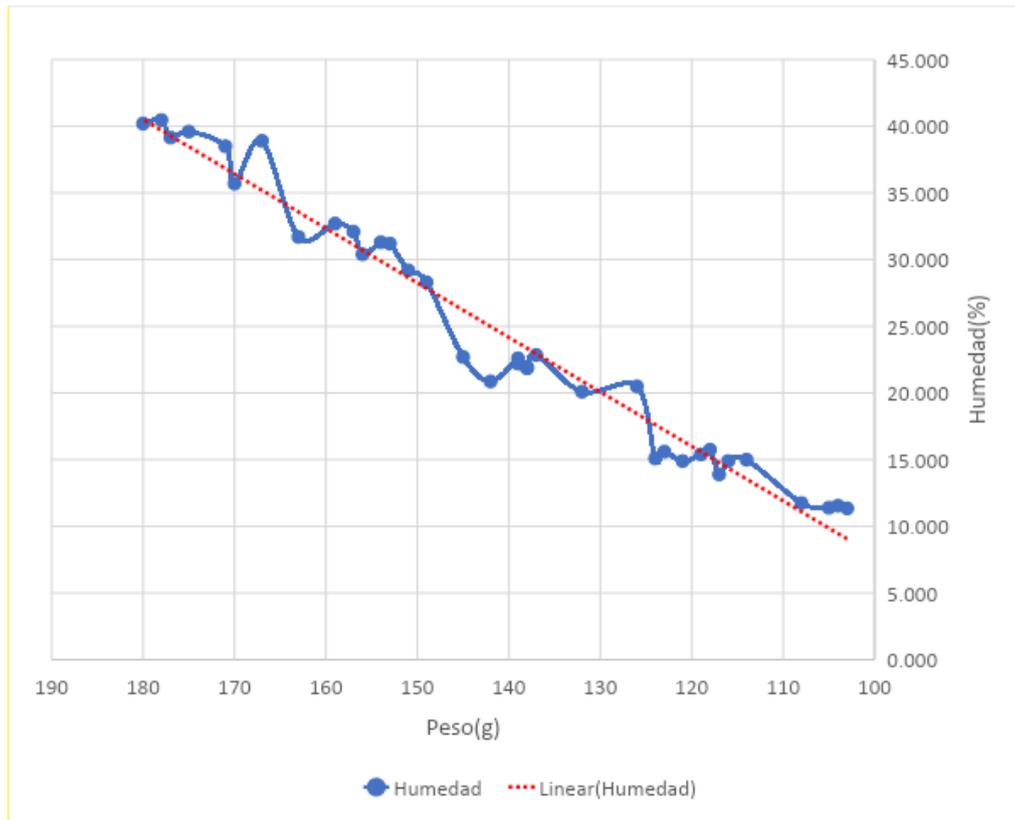


Figura 28. Gráfica de la Correlación de Peso con Humedad

Luego se programó la ecuación resultante en la aplicación, colocándolo de manera que será visualizada por el usuario final.

```

if (hilo){
    runOnUiThread(new Runnable() {
        @Override
        public void run() {
            textViewT.setText(temp);
            textViewP.setText(peso);
            pesoint = Double.parseDouble(peso);
            humedadint = -5.766460905349793E-05 * Math.pow(pesoint, 3) + 0.026 *
            Math.pow(pesoint, 2) - 3.436 * pesoint + 152.58; // Ecuacion para determinar
            humedad
            textViewH.setText(humedadint);
        }
    });
} else {
    break;
}

```

Tarea D. Elaborar la ecuación con los datos registrados para determinar en tiempo real la aproximación del tiempo faltante para que el café se acerque su humedad óptima para la venta.

Before Sprint 15'

¿Cómo te fue en la anterior tarea, alguna dificultad?

Se llevó a cabo sin inconveniente alguno, terminando la tarea programada.

¿Qué herramientas necesitas para esta tarea?

Se elaborará la ecuación para determinar el tiempo faltante del proceso de secado, con los datos relacionando en tiempo real con los datos obtenidos desde el dispositivo electrónico y se aproximará en formato de día: hora: min.

Desarrollo

Se agrupó los datos encontrados con la media de días (5) que dura el proceso de secado de café, agrupando con el resultado de peso final de cada día, teniendo la siguiente tabla.

Tabla 4. *Histórico de los promedios de Pesos con los Horas faltantes*

Peso Final	Horas Faltantes
173.18	96
150.90	72
131.81	48
116.90	24
104.36	0

Teniendo el siguiente gráfico con la ecuación de línea tendencia.

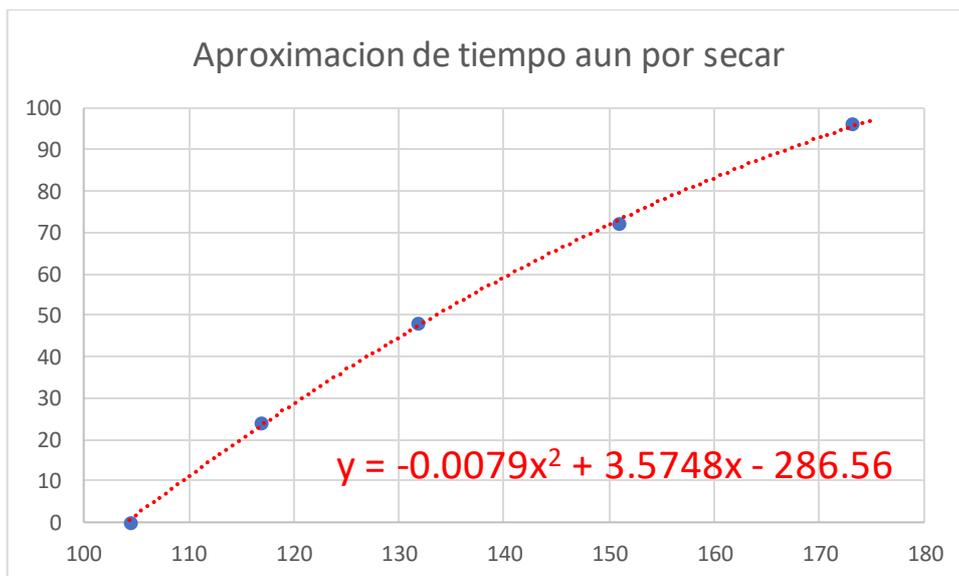


Figura 29. *Gráfica de la curva de la aproximación del secado*

Luego se programó la ecuación resultante en la aplicación, colocándolo de manera que será visualizada por el usuario final.

```
timeint = -0.0079 * Math.pow(pesoInt,2) + 3.5748 * pesoInt -286.56; //Tiempo total en horas
```

Utilizando la librería `Math.floor` para redondear valores y así el usuario pueda visualizar de manera:

```
textViewTime.setText("Falta Aprox."+'\\n'+dia+" D "+hora+" Hrs: "+min+" min")
```

Revisión

Sprint Review A.4

Se vio la necesidad de dar un formato para la mejor visualización del dato calculado de la humedad en tiempo real.

Pruebas (Retroalimentación)

Sprint Retrospectiva A.4

Se pudo solucionar esta dificultad, le dimos un formato adecuado con `String.format("%,1f", dato)`, y así visualizar el dato como del higrómetro, así discutir la precisión de la aplicación contra del dato real.

III RESULTADOS

III.1 Fase de preliminar de recolección de datos

En la fase inicial de recolección de datos, se realizó la observación del proceso de secado de café en el secador tipo domo, se observó y recogió los datos en el distrito de Omia, provincia de Rodríguez de Mendoza, con el dispositivo electrónico (sensores de temperatura y peso) y aplicación ya construida.

Validación del instrumento

Para esto los sensores se calibraron, ya sea la balanza de carga, se comparó con una balanza digital y sensor de temperatura con un termómetro digital siendo el error mínimo como se detalla en el siguiente gráfico:

Primero necesitamos conseguir un objeto con peso conocido, en este caso 9 kg, que debe de ser un valor máximo del rango de trabajo de la celda de carga. Al cargar el programa de:

```
#include "HX711.h"
const int DOUT=A1;
const int CLK=A0;

HX711 balanza;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  balanza.begin(DOUT, CLK);
  Serial.print("Lectura del valor del ADC:t");
  Serial.println(balanza.read());
  Serial.println("No ponga ningún objeto sobre la balanza");
  Serial.println("Destarando...");
  balanza.set_scale(); //La escala por defecto es 1
  balanza.tare(20); //El peso actual es considerado Tara.
  Serial.println("Coloque un peso conocido:");
}

void loop() {
  Serial.print("Valor de lectura: t");
  Serial.println(balanza.get_value(10),0);
  delay(100);
}
```

Tenemos una resultante de después de poner el peso en la balanza, en el monitor serial se mostrarán las lecturas del peso, y con la ecuación:

$$ESCALA = \frac{\text{Valor de Lectura}}{\text{Peso Real}}$$

Donde:

- ✓ Valor de lectura - 1,998,000
- ✓ Peso Real: - 9 Kg

Se obtuvo el dato de 222000 como la escala, y esta es puesta en la programación de arduino, como se detalla a continuación.:

```
balanza.set_scale(222000); // Establecer la escala de la balanza
```

En cambio, en la corroboración de los datos obtenidos por el sensor de DHT11 de la temperatura ambiental del secador tipo domo con la termómetro digital con un nivel de precisión general según su data sheet de $\pm (2\% \text{ de la lectura} + 2^\circ\text{C}) - (-1^\circ\text{C to } 426^\circ\text{C})^{15}$, se finiquitó que el sensor tiene un lectura de temperatura de un ± 1.6 a 2°C de precisión, es tal como también nos detallan en su data sheet del sensor.

III.2 Método Gravimet

Tabla 5. Tabla del Método Gravimet - Cenicafe Colombia

Altura de la capa de café cm	Peso en la Canastilla		
	Inicial	Alerta	Final
1.0	100	54-55	52-53
2.0	200	108-110	104-105
3.0	300	172-173	156-157
4.0	400	216-217	208-209
4.5	450	243-244	234-235

Datos de la revista Cenicafe tomados en cuenta para esta investigación.

Utilizando las recomendaciones de la revista Cenicafé, se escogió tres muestras preliminares que son **200**, **300** y **400** gramos con los grosores de la muestra de 2, 3 y 4 centímetros respectivamente en la tres canastillas de igual área y volumen, teniendo que 100 gramos equivale a un 1 cm de grosor, tomado como fuente a la revista Cenicafe en su artículo de “Controle la humedad del café en secado solar, utilizando el método Gravimet”, donde el promedio de los datos se tuvo como resultados las siguientes curvas de secado:

- En la porción de 200 gramos con 2 cm.:

¹⁵ Datos tomados de la data sheet del artículo ubicado en la siguiente data sheet del Termómetro infrarrojo con puntero láser Modelo 42545, http://www.extech.com/products/resources/42545_UM-es.pdf

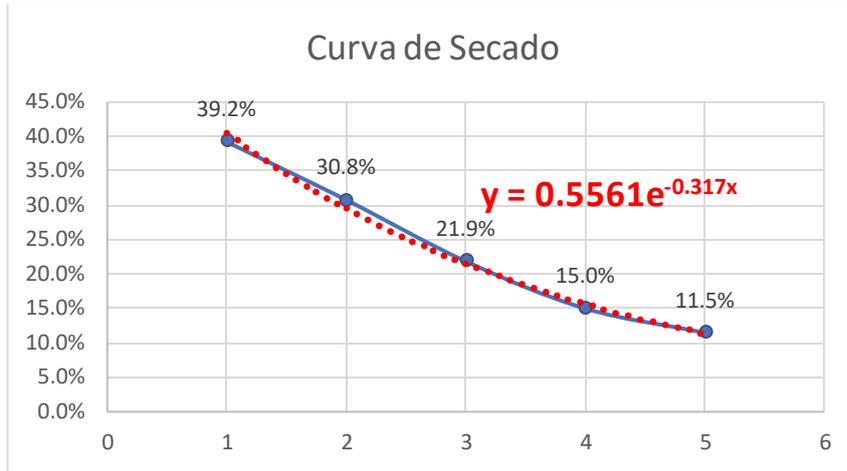


Figura 30. Gráfica de la curva de secado de la muestra de 200 gramos con 2 cm de grosor

- En la porción de 300 gramos con 3 cm.:

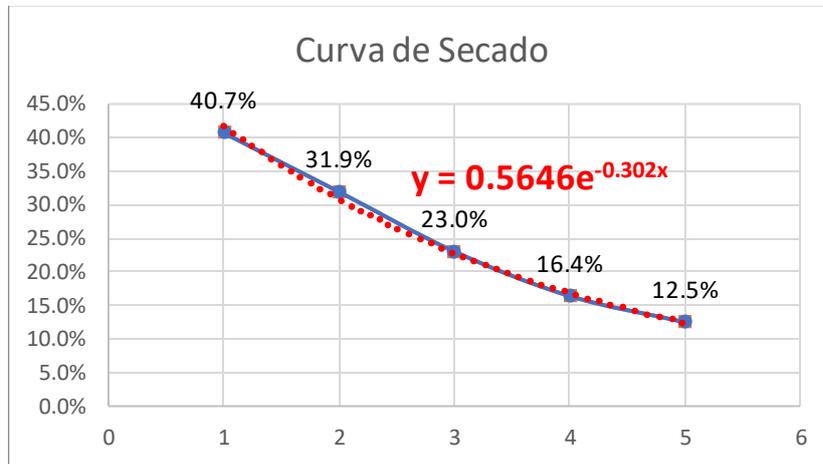


Figura 31. Gráfica de la curva de secado de la muestra de 300 gramos con 3 cm de grosor

- En la porción de 400 gramos con 4 cm.:

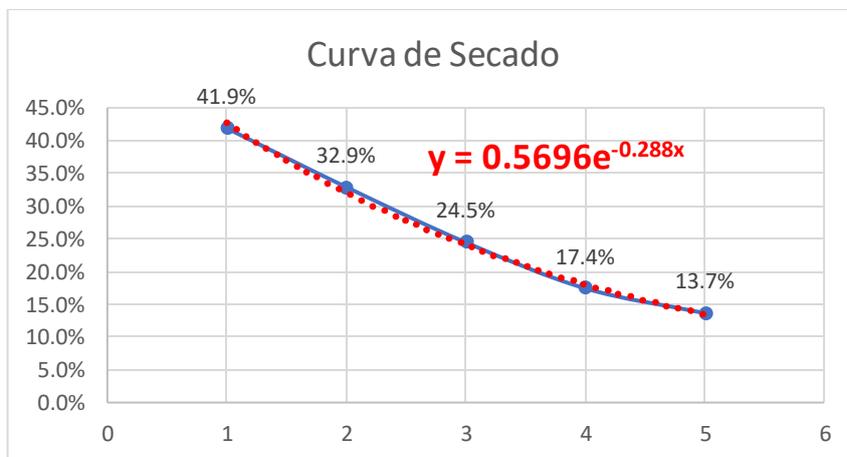


Figura 32. Gráfica de la curva de secado de la muestra de 400 gramos con 4 cm de grosor

III.3 Análisis de datos

III.3.1 Cálculo del espesor óptimo de la muestra

Se procedió a calcular es espesor o grosor óptimo de la muestra de café a secar, concluyendo que la muestra de 200 gramos de 2 cm de grosor, nos lleva a una humedad final en el rango de 11% a 12%, en menor tiempo, que es la más adecuada.

III.3.2 Selección del modelo para la predicción de humedad.

Para calcular la humedad con la aplicación, se debe hallar el modelo de predicción. Para obtener el modelo, se usa la correlación de datos recolectados en la investigación entre la humedad con el peso, utilizando solo los datos de la muestra de 200 gramos, ya que su humedad final del proceso de secado en las mismas condiciones ambientales se demuestra que es la mejor manera de secar el café en este secador tipo domo, y se denota su rango del promedio aprueba los 11-12 % de humedad, que el mercado requiere para compra de café pergamino.

Utilizando mínimos cuadrados de los datos que se correlacionan y se representan en el siguiente gráfico, teniendo como resultado de la línea tendencia exponencial de color rojo con su ecuación y su valor de R^2 .

Para pesos repetidos se promedia las humedades.

Tabla 6. *Históricos de datos obtenidos durante el secado*

Peso	Humedad	Peso	Humedad
180	40.2	137	21.8
178	40.4	136	21.9
177	39.1	134	22.8
175	39.6	132	20.1
171	38.5	126	20.5
170	35.7	124	15.1
167	38.9	123	15.6
163	31.7	121	14.9
159	32.7	119	15.4
157	32.1	118	15.7
156	30.4	117	13.9
154	31.3	116	14.9
153	31.2	114	15.0

151	29.2
149	28.3
145	22.7
141	20.8
139	22.6
138	22.2

108	11.7
105	11.4
104	11.5
103	11.3

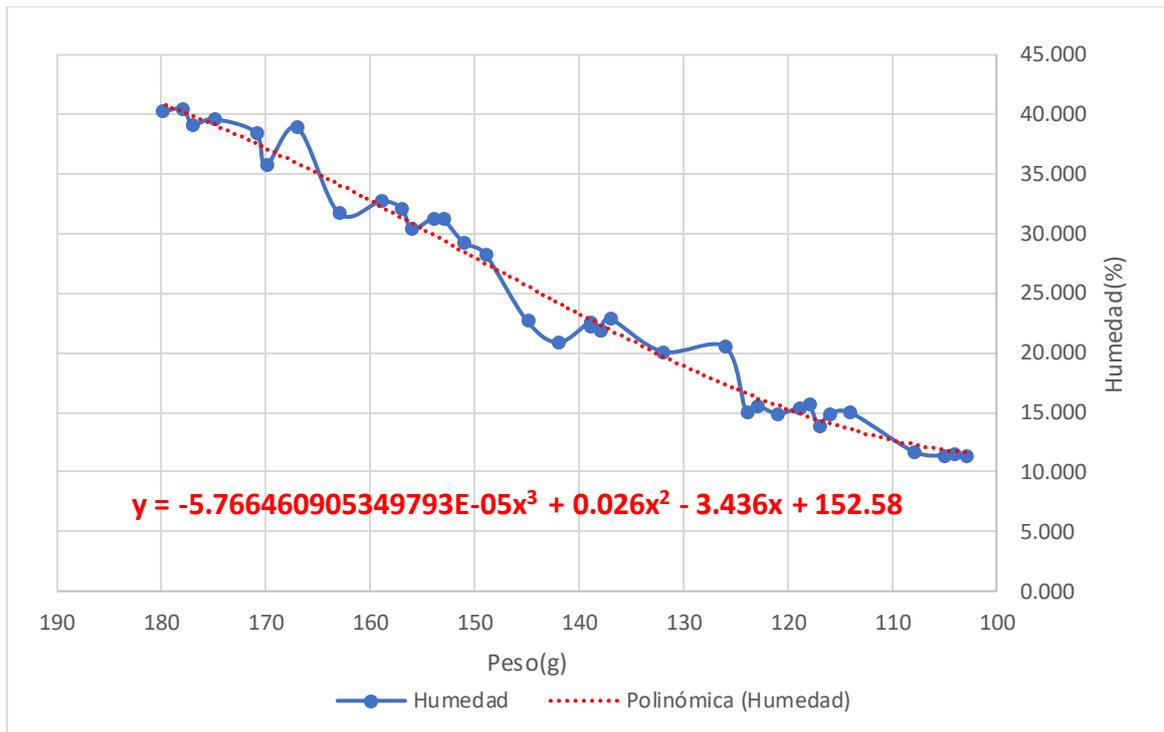


Figura 33. Gráfica de Correlación de Peso con Humedad y ecuación de la línea tendencia con mínimos cuadrado

Debe indicarse que la aplicación puede hallar la humedad hasta un nivel de peso final mínimo (104 g aproximadamente), como nos dice la revista de Cenicafe en su artículo “Controle la humedad del café en secado solar, utilizando el método Gravimet”.

III.3.3 Inclusión del modelo de predicción en la aplicación móvil

El modelo matemático resultante para a incluir en la aplicación fue:

$$y = -5.766460905349793E-05x^3 + 0.026x^2 - 3.436x + 152.58$$

III.3.4 Validación del nivel de precisión del predictor frente al higrómetro

Comparamos las medidas obtenidas por predictor frente al hidrómetro, mediante ambas medias bajo los siguientes supuestos:

$$H_0 : u_1 = u_2$$

H1 : $\mu_1 \neq \mu_2$ (test bilateral o de 2 colas)

Donde:

H0 : Las medias son iguales

H1 : Las medias son diferentes

Tabla 7. Datos seleccionados para calibrar el nivel de precisión del modelo

Fechas	Peso(g)	Higrómetro	SeCoffee	Fechas	Peso(g)	Higrómetro	SeCoffee
13/02/2020	178	39.50	39.54	17/04/2020	178	40.70	39.54
14/02/2020	163	31.70	33.58	18/04/2020	156	30.40	30.38
15/02/2020	142	20.87	23.82	19/04/2020	139	19.40	22.46
16/02/2020	123	15.60	16.00	20/04/2020	117	14.60	14.13
17/02/2020	104	11.70	11.59	21/04/2020	103	11.20	11.49
19/02/2020	171	38.50	36.95	13/06/2020	178	41.20	39.54
20/02/2020	151	29.20	28.03	14/06/2020	159	33.40	31.77
21/02/2020	138	21.40	22.01	15/06/2020	145	22.70	25.21
22/02/2020	121	14.90	15.33	16/06/2020	124	15.10	16.35
23/02/2020	104	11.40	11.59	17/06/2020	108	11.60	12.12
02/03/2020	167	38.90	35.31	21/06/2020	177	39.40	39.20
03/03/2020	149	27.70	27.09	22/06/2020	157	32.10	30.85
04/03/2020	126	20.50	17.07	23/06/2020	139	25.80	22.46
05/03/2020	114	15.00	13.34	24/06/2020	118	15.70	14.41
06/03/2020	108	11.90	12.12	25/06/2020	104	11.40	11.59
20/03/2020	177	38.60	39.20	1/07/2020	180	40.20	40.20
21/03/2020	159	32.00	31.77	2/07/2020	154	31.30	29.45
22/03/2020	137	22.10	21.57	3/07/2020	137	23.60	21.57
23/03/2020	116	14.90	13.85	4/07/2020	118	15.80	14.41
24/03/2020	105	11.40	11.70	5/07/2020	103	11.40	11.49
29/03/2020	175	39.60	38.48	19/07/2020	170	35.70	36.55
30/03/2020	153	31.20	28.98	20/07/2020	149	28.90	27.09
31/03/2020	138	22.30	22.01	21/07/2020	132	20.10	19.43
01/04/2020	117	13.20	14.13	22/07/2020	119	15.40	14.71
02/04/2020	104	11.40	11.59	23/07/2020	108	11.60	12.12

Tabla 8. Estadísticos descriptivos

	Higrómetro	SeCoffee
Media	23.6834	23.3025198
Error típico	1.46725276	1.42233589
Mediana	21.75	22.0092556
Moda	11.4	11.5871572
Desviación estándar	10.3750438	10.0574335
Varianza de la muestra	107.641533	101.151969
Curtosis	-1.349462	-1.325594
Coefficiente de asimetría	0.33752569	0.35667327
Rango	30	28.7056753
Mínimo	11.2	11.49
Máximo	41.2	40.2
Suma	1184.17	1165.12599
Cuenta	50	50
Nivel de confianza (95.0%)	2.948555	2.85829

Tabla 9. Prueba t para medias de dos muestras emparejadas

	39.5	39.5419
Media	23.3606122	22.9711038
Varianza	104.565935	97.6530587
Observaciones	49	49
Coeficiente de correlación de Pearson	0.99028353	
Diferencia hipotética de las medias	0	
Grados de libertad	48	
Estadístico t	1.88966652	
P(T<=t) una cola	0.03242512	
Valor crítico de t (una cola)	1.6772242	
P(T<=t) dos colas	0.06485023	

En el presente caso se revisa la probabilidad para dos colas que resultó ser de **0.06485023**. También si se compara el valor de t calculada=**1.88966652** que resulta ser menor al valor tabular de 2.01063476 (t tabulada). Este resultado nos permite concluir que en promedio los dos tipos de humedades son las mismas al 95%.

Validación de la aplicación de SeCoffee

La validación de la aplicación se determinó con una muestra de las fincas de los socios de la APROEXPORT de los sitios aledaños al distrito de Omía, lugar de la investigación, con una altitud de ± 200 metros sobre el nivel del mar.

✓ Finca N° 01: Utilizando la aplicación de **SeCoffee**

PROPIETARIO: María Consuelo Peña Nuñez DNI 44019991

UBICACIÓN: Anexo Los Olivos, Caserío Nuevo Chirimoto, Distrito Omía, Prov. Rod. de Mendoza

Tabla 10. Registro del acopio del socio María Peña quien utilizo la aplicación

Fecha	Compro. de Ingreso Almacén	Comprobante Peso	Peso Bruto	Humedad Redondeada	Rendimiento	Precio x kilo	Sub Total
23/01	002-0011502	100	213.40	12 %	74 %	8.68	1,917.00
27/01	002-0011510	117	105.60	12 %	75 %	8.78	948.00

APROEXPORT
ASOCIACION DE PRODUCTORES Y EXPORTADORES DE CAFE DE RODRIGUEZ DE MENDOZA

CAJERO LA ZINCA - SECTOR NUEVO CHIRIMOTO - DISTRITO OMA - PROVINCIA RODRIGUEZ DE MENDOZA - REGION AMAZONAS
TEL: 075-315811 - CEL: 948888888
e-mail: aproexport@paloalto.com.pe

FLO ID: 30585

GUÍA DE INGRESO DE ALMACEN
RUC. 20539205600
002 - Nº 111502

NOMBRE DEL PRODUCTOR: Manita cosechero Páno Ríos

SECTOR: Los Olivos COBHO: _____

SACOS	KILOS BRUTO	TARA	KILOS NETO	HUMEDAD	NERMA	KILOS SECO	Q255.2 KG
4	213.4	0.4	213	17		213 9.00	

FECHA: 23 / 01 / 21

IMPORTE CAFE S/ 1917
FLETES S/ _____
TOTAL S/ 1917

ECOLÓGICO CONVERSION

RENDIMIENTO EXP. (%) 74

PRODUCTOR: [Signature] ALMACENERO: [Signature]

Figura 34. Guía 11502 de ingreso de almacén de la APROEXPROT

APROEXPORT
ASOCIACION DE PRODUCTORES Y EXPORTADORES DE CAFE DE RODRIGUEZ DE MENDOZA

CAJERO LA ZINCA - SECTOR NUEVO CHIRIMOTO - DISTRITO OMA - PROVINCIA RODRIGUEZ DE MENDOZA - REGION AMAZONAS
TEL: 075-315811 - CEL: 948888888
e-mail: aproexport@paloalto.com.pe

FLO ID: 30535

GUÍA DE INGRESO DE ALMACEN
RUC. 20539205600
002 - Nº 111509

NOMBRE DEL PRODUCTOR: Consuelo Páno Ríos

SECTOR: Los Olivos COBHO: _____

SACOS	KILOS BRUTO	TARA	KILOS NETO	HUMEDAD	NERMA	KILOS SECO	Q255.2 KG
2	105.6	0.2	105.4	17		105.4 9.00	

FECHA: 27 / 01 / 21

IMPORTE CAFE S/ 948.6
FLETES S/ _____
TOTAL S/ 948.6

ECOLÓGICO CONVERSION

RENDIMIENTO EXP. (%) 75

PRODUCTOR: [Signature] ALMACENERO: [Signature]

Figura 35. Guía 11509 de ingreso de almacén de la APROEXPROT

✓ Finca N° 02: Utilizando la manera empírica y tradicional del pelado y mordida de café

PROPIETARIO: EULER RIVA OCAMPO DNI 41896685

UBICACIÓN: Anexo Los Olivos, Caserío Nuevo Chirimoto, Distrito Oma, Prov. Rod. de Mendoza

Tabla 11. Registro del acopio del socio Euler Riva con la forma tradicional.

Fecha	Compro. de Ingreso Almacén	Comprobante Peso	Peso Bruto	Humedad Redondeada	Rendimiento	Precio	Total
17/01	001-007913	114	808.00	13 %	74 %	8.55	7263.00
06/02	001-008037	226	310.50	13 %	74 %	8.56	2812.50

APROEXPROT
ASOCIACION DE PRODUCTORES Y EXPORTADORES DE CAFE
DE HONDURAS DE MINDOZA

IMC cert FLO ID 30585

GUÍA DE INGRESO ALMACEN
RUC. 20539205600
001 - No 007913

NOMBRE DEL PRODUCTOR: Euler Riva eCafero
SECTOR: Los Olivos CODIGO: 8 1 21

SACOS	Kilos BRUTO	TARA	Kilos NETO	HUMEDAD	MERMA	Kilos SECO	Q2552 KG.
	808	0	808	13	-	808 = 70	

IMPORTE CAFES: 7263.00
FLETES: 50.00
TOTAL: 7313.00

ECOLÓGICO CONVERSIÓN RENDIMIENTO EXP. (%) 74

Figura 36. Guía 007913 de ingreso de almacén de la APROEXPROT

APROEXPROT
ASOCIACION DE PRODUCTORES Y EXPORTADORES DE CAFE
DE HONDURAS DE MINDOZA

IMC cert FLO ID 30585

GUÍA DE INGRESO ALMACEN
RUC. 20539205600
001 - No 008037

NOMBRE DEL PRODUCTOR: Euler Riva eCafero
SECTOR: Los Olivos CODIGO: 5 2 21

SACOS	Kilos BRUTO	TARA	Kilos NETO	HUMEDAD	MERMA	Kilos SECO	Q2552 KG.
	310.50	0.50	310	13	-	310 = 90	

IMPORTE CAFES: 2790.00
FLETES: 22.50
TOTAL: 2812.50

ECOLÓGICO CONVERSIÓN RENDIMIENTO EXP. (%) 74

Figura 37. Guía 008037 de ingreso de almacén de la APROEXPROT

Se denota que con la aplicación SeCoffee, se tiene un dato más aproximado al real en un rango de validación que requiere el centro de acopio, cabe resaltar que la forma de almacenaje y diversos factores del transporte al centro de acopio influyen de manera negativa a la humedad, no obstante, el rango permisible es el adecuado $\pm 1.5\%$, en grandes lotes de café pergamino.

Sin embargo, se aprecia que utilizando la aplicación SeCoffee es factible en beneficio del caficultor, ya que recibe un valor justo por su venta de café y no tiene perdida por el flete; y del centro de acopio, puesto que recibe un café pergamino al rango permisible del mercado requiere, y así dejando el nombre de Rodríguez de Mendoza - Amazonas exportando un café exquisito natural para el buen paladar mundial.

IV DISCUSIÓN

Luego de analizar los datos resultantes en la monitorización y observación del proceso de secado de café en un secador tipo domo, utilizando como base el método Gravimet en la aplicación SeCoffee se afirma que la precisión es favorable, puesto que, al contrastar la medida real obtenida con el higrómetro y la medida obtenida por la aplicación móvil, son aproximadamente iguales a un 94%, este resultado es similar por otros investigadores:

- ✓ La investigación del Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafe), observaron la gravimetría que existía en la evaporación y pérdida de humedad que existía en los granos de café, obteniendo café pergamino seco en una humedad entre el 10 % y el 12 % en el 97.7% de los casos, en 35 lotes de café (en un promedio 11.3%), con una altura máxima de espesor de 2 cm, consiguiendo que el método Gravimet es confiable para determinar la humedad del café en el rango de comercialización (Oliveros, Peñuela, & Jurado, 2009), esta investigación es el cimiento o principio de crear una aplicación que determine en tiempo real la humedad de café y el tiempo que falta por secar, ya que sus valores resultantes coinciden con esta investigación.
- ✓ La primera patente de la Universidad de Manizales Colombia, elaborado por el Ingeniero industrial y Doctor en informática Diego López Cardona, quien creo la solución de una llamada DHS que apoyándose de la investigación del Centro Nacional de Investigaciones de Café (Cenicafe) del método Gravimet, observo que por cada kilo de café mojado (sin lavar y con cáscara), resultaba 540 gramos de café pergamino seco. Es así que decidió desarrollar por parte de la Universidad de Manizales un método para identificar el nivel de humedad del café que resultase fácil (Urrego, 2019). Siendo similar a esta investigación ya que ratifica la utilización del método Gravimet y la existencia de la correlación peso - humedad.
- ✓ Abner Barzola, Lenin Quiñones, Blanca Vásquez, etc. En su tesis “Estimación de Humedad de Café Pergamino Utilizando un Secador Solar Automatizado, mediante Modelos Matemáticos - Jaén”, quien realizó un estudio de cinco modelos matemáticos propuestos que describen eficientemente el comportamiento de la humedad del grano de café pergamino, al ser empleado en $Hg = 39,932 + 26,088 \cos\left(\frac{2\pi}{364}t_s + 76,008\right)$; posee mejores valores que describe la humedad en fusión de coseno (Barzola, Quiñones, Vásquez, Pérez, & Díaz, 2020). Siendo esta investigación parecida, ya que ratifica que la utilización de

secador tipo domo es el método no mecánico más apropiado para dicho proceso sea más rápido y regular en los granos, adicionalmente encuentra un modelo matemático resultado de su investigación, que sirve de igual manera para determinar o estimar la humedad de café pergamino, dentro de un tiempo estimado, donde su modelo matemático coincide en la determinación de la humedad, sea confiable y acertada.

- ✓ Marcial Espinoza Marchant, de la empresa chilena de aeronáutica, en la búsqueda de métodos de medición de humedad en sólidos que sean confiables para la trazabilidad al sistema internacional, investigó el método Gravimétrico, siendo aplicado en la medición de humedad de granos como trigo y arroz, teniendo como resultado una confiabilidad del método y los niveles de incertidumbre cercanos al 0.4% b.h. permiten concluir que el sistema es confiable, y a la vez demostrado ser un método robusto y aplicable a una amplia gama de sólidos (Espinoza, 2016). Siendo esta investigación fundamento para que la aplicación SeCoffee tenga sustento ya que el método gravimétrico es confiable y aplicable a los diversos granos que existen.

V CONCLUSIONES

- Se construyó el hardware o dispositivo electrónico con el microcontrolador arduino con los sensores de DHT11, balanza de carga y módulo bluetooth, logrando obtener los datos de los sensores de temperatura y balanza, y siendo enviados al dispositivo emparejado mediante el módulo bluetooth, esto se consideró en el primer Sprint de la metodología ágil SCRUM utilizando el método Kanban con el programa online Trello, dicho hardware funciona adecuadamente, permitiéndonos sensar el nivel de humedad del café pergamino en la localidad de Rodríguez de Mendoza.
- Se desarrolló la aplicación móvil para establecer una comunicación entre el componente electrónico con la aplicación corriendo en el Smartphone, donde en las variables se logró recepcionar los datos de temperatura del secador tipo domo y el peso de la canastilla en la balanza de carga, permitiéndonos registrar los datos en 15 cosechas y posterior con estos datos se pudo elaborar la curva de secado, quedándonos con la canastilla de 200 gramos con **2 cm** de espesor, donde la humedad medida con el componente electrónico e higrómetro está en los intervalos requeridos por el centro de acopio o Cooperativas entre 11 a 12 %.
- Se encontró y se aproximó un modelo matemático con la correlación que existía entre peso y humedad, con la ayuda de Gráficas de los datos en promedio, siendo una ecuación polinómica $y = -5.766460905349793E-05x^3 + 0.026x^2 - 3.436x + 152.58$, para datos que fueron recolectados en las mañanas, mediodía y atardecer.
- En el presente estudio se obtuvo la probabilidad para dos colas que resultó ser de 0.06485023. También se comparó el valor de t calculada=**1.88966652** que resulta ser menor al valor tabular de 2.01063476 (t tabulada). Este resultado nos permitió concluir que, en promedio las dos medidas obtenidas son las mismas al 99.09% de precisión una de la otra, lo que nos lleva a afirmar que SeCoffee es preciso bajo las condiciones ya indicadas.

VI RECOMENDACIONES

- Se recomienda profundizar y completar esta investigación con más requerimientos que puedan ayudar a los productores, no solo de café, ya que esto se puede ampliar a una variedad de productos que, durante su proceso de producción, requieren el secado o desgaste de humedad.
- Se recomienda añadir una sección predicción climatológica en tiempo real, para que la aplicación disponga de más utilidades con el productor, consumiendo alguna API que existen en la web, como *Climacell MicroWeather*, *Weatherbit*, *AerisWeather*, etc.
- Se sugiere que con la investigación de Jorge Saavedra sobre la “Efectividad de un Proceso de Secado de Café usando Secadores Solares con Sistema de Flujo de Aire Continuo Impulsado por Energía Fotovoltaica, en la Región San Martín, Perú”, donde el objetivo fue reducir el tiempo de secado de café hasta obtener un promedio de 12% de humedad lo más antes posible, mediante el uso de módulos secadores solares implementados con un sistema de flujo de aire continuo impulsado por energía fotovoltaica. Se utilizó un secador solar tipo invernadero de 4 x 8 m. con nueve mediciones por cada día (Saavedra, 2019). Se evaluó la humedad del grano, la que se redujo a 12.3% en 3 - 4 días en promedio. Se recomienda automatizar el secador solar como prototipo que dé más beneficios de costo bajo a los caficultores.
- También se recomienda añadir una funcionalidad al proceso de secado de café con la investigación de José Mamani en su Tesis llamada como la “Determinación Comparativa de Tiempo de Secado de Café (*Coffea Arábica L.*) en dos Tipos de Secadores Solares en el Valle de Sandia-Puno”, donde con colector solar disminuye la espera de secado de café a su rango de 11 % - 12 % b.h. (Mamani, 2015).
- Se recomienda revisar e indagar las nuevas tecnologías emergentes sobre los tipos de secadores existentes como aparecen en los Avances Técnicos de Cenicafé y conocer sus ventajas, así los caficultores serán más técnicos en mejorar su producto.

VII REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Adeva, R. (20 de Abril de 2020). Adslzone. Obtenido de Adslzone Web site: <https://www.adslzone.net/reportajes/software/que-es-android/>
- Agencia Peruana de Noticias. (24 de 08 de 2018). Agencia Peruana de Noticias . Obtenido de Andina Web site: <https://andina.pe/agencia/noticia-dia-del-cafe-peruano-asi-se-cultiva-y-procesa-cafe-alta-calidad-722948.aspx>
- Atmel. (2015). Datashet ATMEGA 328P. San José: Atmel Corporation.
- Bajaña, F. (2019). Desarrollo de una aplicación móvil para la venta de boletos en línea de la cooperativa de transportes F.I.F.A. Guayaquil: Publicaciones Universidad de Guayaquil.
- Barzola, A., Quiñones, L., Vásquez, B., Pérez, I., & Díaz, M. (2020). *ESTIMACIÓN DE HUMEDAD DE CAFÉ PERGAMINO UTILIZANDO UN SECADOR SOLAR AUTOMATIZADO, MEDIANTE MODELOS MATEMÁTICOS EN JAÉN-PERÚ*. Jaen: Universidad Nacional de Jaén.
- Besora, J. (2015). Secador Solar de Café. Jaen: Caritas Jaen.
- CDMX Electrónica. (19 de Enero de 2020). CDMX Electrónica Tienda de Componentes Electronicos. Obtenido de CDMX Electrónica Web site: <https://www.cdmxelectronica.com/producto/modulo-ky-015-sensor-de-temperatura-y-humedad/>
- Cenicafe. (2018). Secado de Cafe Pergamino. Cartilla de Cenicafe Publicacion mensual, 179.
- Choque, G. (2015). Sistema Operativo Android. La Paz: El Diario.
- Cruz, D., Lopez, E., Pascual, L., & Bataglia, M. (2010). Guía técnica de construcción y funcionamiento de secadores solares tipo domo. Journal of Agriculture and Environment for International Development.
- Espinoza, M. (2016). *MEDICION DE HUMEDAD EN GRANOS METODO GRAVIMETRICO*. Santiago de Chile: Empresa Nacional de Aeronáutica de Chile.
- Franco, J. (26 de Diciembre de 2019). Alphapedia . Obtenido de Alphapedia : <https://alphapedia.net>
- Gironés, J. (2012). El gran libro de Android. Mexico: Alfaomega.
- Google Developers. (Febrero de 2020). Developers Android. Obtenido de Developers Android Web site: <https://developer.android.com/studio/intro>
- Henao, J. (2015). Evaluación del proceso de secado del café y su relación con las propiedades físicas, composición química y calidad en taza. Medellin: Universidad Nacional de Colombia.

- International Cooffe Organization. (14 de Agosto de 2019). International Cooffe Organization. Obtenido de International Cooffe Organization Web site: <http://www.ico.org>
- Junta del Café. (30 de Octubre de 2018). Obtenido de Junta del Cafe: <https://juntadelcafe.org.pe/historia-de-la-jnc>
- Kanbanize. (Septiembre de 2019). Kanbanize. Obtenido de Kanbanize Web site: <https://kanbanize.com/es/recursos-de-kanban/primeros-pasos/que-es-kanban>
- Mamani, J. (2015). *DETERMINACIÓN COMPARATIVA DE TIEMPO DE SECADO DE CAFÉ DETERMINACIÓN COMPARATIVA DE TIEMPO DE SECADO DE CAFÉ VALLE DE SANDIA-PUNO*. Puno: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO.
- MINAGRI. (Abril de 2014). Acerca de nosotros: Ministerio de Agricultura y Riego. Obtenido de Ministerio de Agricultura y Riego Web Site: <http://minagri.gob.pe>
- Oliveros, C., Peñuela, A., & Jurado, J. (2013). Controle la humedad del café en el secado solar, utilizando el metodo Gravimet. Avances Técnicos N° 387 Cenicafe, 2.
- Oliveros, C., Peñuela, A., & Pabón, J. (2014). GRAVIMETSM Tecnología para medir la humedad del café en el secado en silos. Avances Tecnicos N° 433 Cenicafé, 3.
- Peña, C. (2017). Arduino. Buenos Aires: Manuales Users N° 283.
- Sanz, J. (13 de 10 de 2019). Movil Zona . Obtenido de Movil Zona Web site: <https://www.movilzona.es/2019/10/13/evolucion-sistemas-operativos-moviles/>
- Saavedra, J. (2019). *Efectividad de un Proceso de Secado de Café usando Secadores Solares con Sistema de Flujo de Aire Continuo Impulsado por Energía Fotovoltaica, en la Región San Martín, Perú*. San Martin: Universidad Nacional de San Martín.
- Schwaber, K., & Surtheland, J. (Julio de 2017). La Guia Scrum: Las Reglas del Juego. Scrumguides.org. Obtenido de Scrum Web site: <https://www.scrumguides.org/docs/scrumguide/v2017/2017-Scrum-Guide-Spanish-SouthAmerican.pdf>
- Servisoftcorp. (12 de Diceimbre de 2019). SERVISOFTCORP ©. Obtenido de SERVISOFTCORP Web site: <https://servisoftcorp.com/definicion-y-como-funcionan-las-aplicaciones-moviles/>
- Tecneu. (29 de Julio de 2019). Tecneu Tienda Virtual. Obtenido de Tecneu Web Site: <https://www.tecneu.com/products/sensor-de-peso-celda-de-carga-10kg-con-hx711>
- Urrego, C. (2018). El dispositivo que les mejora la vida a los cafetaros. Eureka, ciencia para la gente, 14-16.

VIII ANEXOS

Siga las instrucciones

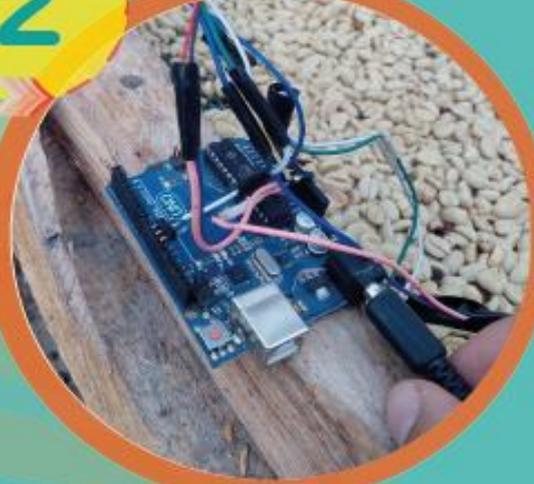
1



Colocar muestra en la canastilla

Escoger los mejores granos y depositarlas en la canastilla hasta la señal del grosor necesario.

2



Conectar a fuente el dispositivo electrónico

Conectar el dispositivo electrónico a una fuente de energía.

3



Emparejar mediante Bluetooth

Abrir la aplicación móvil SeCoffe y establecer conexión con la señal Bluetooth que emite el dispositivo electrónico.

4



Listo

Monitoree los resultados mostrados por la aplicación, y no olvide remover su café para el secado sea uniforme.

Figura 38. Manual de Usuario SeCoffe

VIII.2 Tabla de Registro Consolidado

CONTROL DE HUMEDAD

Peso Inicial	200 gramos	Espesor:	2.0 cm
Humedad Inicial	53%		
Deposito	AMARILLO		
METODO GRAVIMET	=>	Peso Final	104-105 gramos

Tabla 12. Registro consolidado de la canastilla que contiene 200 gramos con 2cm de espesor.

Fechas	Peso Final	Desgaste x día	Promedio T° diaria	Humedad
13/02/2020	178	22	27.00	39.5%
14/02/2020	163	15	28.67	31.7%
15/02/2020	142	21	25.00	20.9%
16/02/2020	123	19	30.33	15.6%
17/02/2020	104	19	30.00	11.7%
19/02/2020	171	31	33.00	38.5%
20/02/2020	151	20	35.33	29.2%
21/02/2020	138	13	27.00	21.4%
22/02/2020	121	17	30.67	14.9%
23/02/2020	104	17	29.67	11.4%
2/03/2020	167	33	35.33	38.9%
3/03/2020	149	18	30.33	27.7%
4/03/2020	126	23	30.33	20.5%
5/03/2020	114	12	31.33	15.0%
6/03/2020	108	8	28.00	11.9%
20/03/2020	177	23	33.67	38.6%
21/03/2020	159	18	28.67	32.0%
22/03/2020	137	22	31.33	22.1%
23/03/2020	116	21	34.00	14.9%
24/03/2020	105	11	27.67	11.4%
29/03/2020	175	25	27.00	39.6%
30/03/2020	153	22	33.33	31.2%
31/03/2020	138	15	28.33	22.3%
1/04/2020	117	21	33.00	13.2%
2/04/2020	104	13	29.33	11.4%
17/04/2020	178	22	32.67	40.7%
18/04/2020	156	22	33.33	30.4%
19/04/2020	139	17	31.33	19.4%
20/04/2020	117	22	35.00	14.6%
21/04/2020	103	14	29.00	11.2%
13/06/2020	178	22	33.67	41.2%
14/06/2020	159	19	28.67	33.4%
15/06/2020	145	14	31.33	22.7%
16/06/2020	124	21	34.00	15.1%
17/06/2020	108	16	27.67	11.6%
21/06/2020	177	23	27.00	39.4%
22/06/2020	157	20	27.67	32.1%
23/06/2020	139	18	28.00	25.8%
24/06/2020	118	21	30.33	15.7%
25/06/2020	104	14	30.00	11.4%
1/07/2020	180	20	27.00	40.2%

2/07/2020	154	26	33.33	31.3%
3/07/2020	137	17	28.33	23.6%
4/07/2020	118	19	33.00	15.8%
5/07/2020	103	15	29.33	11.4%
19/07/2020	170	30	33.67	35.7%
20/07/2020	149	21	28.67	28.9%
21/07/2020	132	17	31.33	20.1%
22/07/2020	119	13	37.00	15.4%
23/07/2020	108	11	29.00	11.6%

CONTROL DE HUMEDAD

Peso Inicial	300 gramos	Espesor	3.0 cm
Humedad Inicial	53%		
Deposito	ANARANJADO		
Método Gravimet	=>	Peso Final	156-157 gramos

Tabla 13. Registro consolidado de la canastilla que contiene 300 gramos con 3cm de espesor

Fechas	Peso Final	Desgaste x día	Promedio T° diaria	Humedad
13/02/2020	269	31	27.00	40.9%
14/02/2020	245	23	28.67	32.8%
15/02/2020	213	31	25.00	21.7%
16/02/2020	181	32	30.33	17.5%
17/02/2020	158	22	30.00	12.5%
19/02/2020	267	33	33.00	40.2%
20/02/2020	234	33	35.33	32.0%
21/02/2020	211	23	27.00	22.8%
22/02/2020	181	30	30.67	16.1%
23/02/2020	156	25	29.67	12.5%
2/03/2020	263	0	35.33	40.0%
3/03/2020	233	0	30.33	28.6%
4/03/2020	205	0	30.33	22.1%
5/03/2020	176	0	31.33	18.3%
6/03/2020	165	0	28.00	12.9%
20/03/2020	267	33	33.67	40.8%
21/03/2020	235	32	28.67	33.1%
22/03/2020	205	30	31.33	23.7%
23/03/2020	173	32	34.00	15.8%
24/03/2020	154	19	27.67	12.7%
29/03/2020	266	34	27.00	40.2%
30/03/2020	232	34	33.33	31.9%
31/03/2020	210	22	28.33	23.4%
1/04/2020	178	32	33.00	14.9%
2/04/2020	154	24	29.33	12.2%
17/04/2020	269	31	32.67	41.6%
18/04/2020	237	32	33.33	31.2%
19/04/2020	211	26	31.33	20.5%
20/04/2020	178	33	35.00	15.2%
21/04/2020	156	22	29.00	12.4%
13/06/2020	269	31	33.67	41.8%
14/06/2020	240	29	28.67	34.3%
15/06/2020	217	23	31.33	23.5%

16/06/2020	185	32	34.00	16.6%
17/06/2020	161	24	27.67	12.5%
21/06/2020	268	32	27.00	41.5%
22/06/2020	238	30	27.67	33.5%
23/06/2020	211	27	28.00	26.5%
24/06/2020	179	32	30.33	16.8%
25/06/2020	157	22	30.00	12.4%
1/07/2020	271	29	27.00	41.8%
2/07/2020	235	36	33.33	31.8%
3/07/2020	209	26	28.33	24.1%
4/07/2020	179	30	33.00	16.5%
5/07/2020	156	23	29.33	12.3%
19/07/2020	261	39	33.67	38.1%
20/07/2020	230	31	28.67	30.0%
21/07/2020	204	26	31.33	22.1%
22/07/2020	180	24	37.00	16.4%
23/07/2020	161	19	29.00	12.7%

CONTROL DE HUMEDAD

Peso Inicial	400 gramos	Espesor	4.0 cm
Humedad Inicial	53%		
Deposito	AZUL		
Método Gravimet	=>	Peso Final	208-209 gramos

Tabla 14. Registro consolidado de la canastilla que contiene 400 gramos con 4cm de espesor

Fechas	Peso Final	Desgaste x día	Promedio T° diaria	Humedad
13/02/2020	361	39	27.00	42.3%
14/02/2020	328	31	28.67	33.4%
15/02/2020	286	41	25.00	24.1%
16/02/2020	244	46	30.33	19.2%
17/02/2020	208	35	30.00	13.7%
19/02/2020	357	43	33.00	41.8%
20/02/2020	311	46	35.33	32.0%
21/02/2020	281	30	27.00	24.5%
22/02/2020	243	38	30.67	17.9%
23/02/2020	211	32	29.67	13.8%
2/03/2020	353	47	35.33	41.2%
3/03/2020	310	43	30.33	29.2%
4/03/2020	275	35	30.33	24.3%
5/03/2020	238	37	31.33	19.8%
6/03/2020	222	28	28.00	14.2%
20/03/2020	357	43	33.67	42.3%
21/03/2020	312	45	28.67	33.9%
22/03/2020	275	37	31.33	24.6%
23/03/2020	235	40	34.00	16.4%
24/03/2020	211	24	27.67	13.5%
29/03/2020	357	43	27.00	41.5%
30/03/2020	312	45	33.33	33.0%
31/03/2020	284	28	28.33	24.5%
1/04/2020	241	43	33.00	15.8%
2/04/2020	209	32	29.33	13.1%
17/04/2020	360	40	32.67	42.3%

18/04/2020	318	42	33.33	32.4%
19/04/2020	283	35	31.33	21.9%
20/04/2020	239	44	35.00	16.1%
21/04/2020	209	30	29.00	13.2%
13/06/2020	360	40	33.67	42.3%
14/06/2020	325	35	28.67	35.1%
15/06/2020	290	35	31.33	24.8%
16/06/2020	247	43	34.00	17.2%
17/06/2020	215	32	27.67	13.8%
21/06/2020	359	41	27.00	42.0%
22/06/2020	319	40	27.67	34.8%
23/06/2020	283	36	28.00	27.2%
24/06/2020	240	43	30.33	17.5%
25/06/2020	210	30	30.00	13.8%
1/07/2020	362	38	27.00	42.9%
2/07/2020	316	46	33.33	32.7%
3/07/2020	281	35	28.33	25.2%
4/07/2020	240	41	33.00	17.3%
5/07/2020	209	31	29.33	13.7%
19/07/2020	352	48	33.67	40.2%
20/07/2020	311	41	28.67	32.5%
21/07/2020	276	35	31.33	23.5%
22/07/2020	241	35	37.00	17.2%
23/07/2020	214	27	29.00	13.8%

VIII.3 Caso de uso de SeCoffee

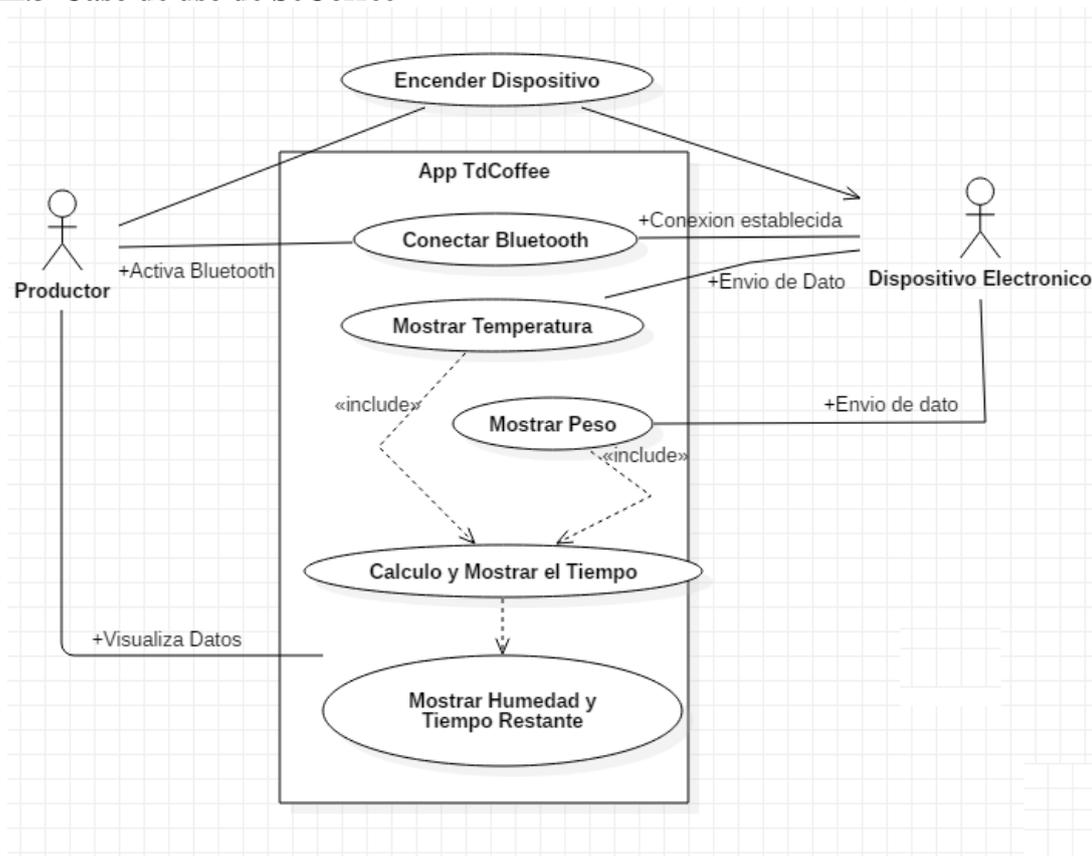


Figura 39. Caso de uso de SeCoffee