



**Universidad
Técnica de
Cotopaxi**

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y
APLICADAS
INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA AUTOMATIZADA
DE GERMINACIÓN DE CEREALES PARA LA FACULTAD DE
CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**

Autores:

Salazar Vargas Oswaldo de Jesùs

Vargas Toaquiza Edison

Tutor:

Ing. Ms.C. Luigi Orlando Freire Martínez

LATACUNGA – ECUADOR

2018

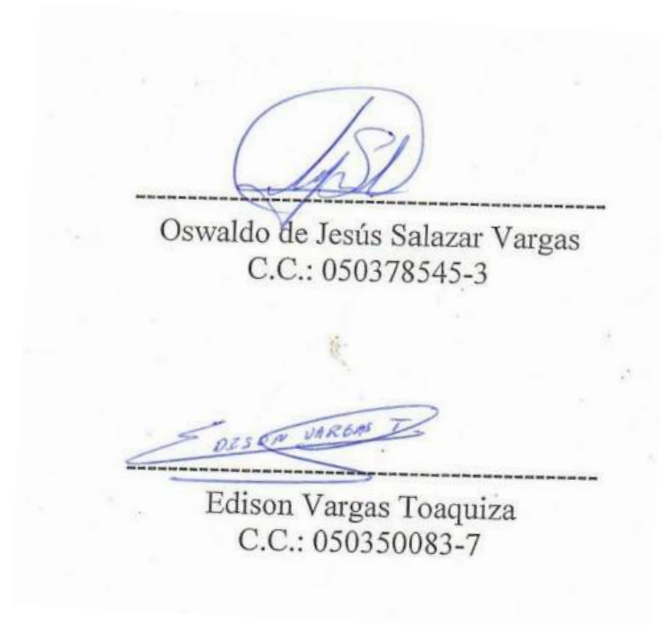
DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, Salazar Vargas Oswaldo de Jesús y Vargas Toaquiza Edison declaramos ser autores del presente Proyecto de Investigación: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA AUTOMATIZADA DE GERMINACIÓN DE CEREALES PARA LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**, siendo el Ing. Ms.C. Luigi Orlando Freire Martínez, director del presente trabajo; excluimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva autoría.

Latacunga, Febrero 2018.

AUTORES





AVAL DEL TUTOR DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Director del Trabajo de Investigación sobre el título:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA AUTOMATIZADA DE GERMINACIÓN DE CEREALES PARA LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”, de los señores Salazar Vargas Oswaldo de Jesús y Vargas Toaquiza Edison, de la carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Febrero 2018.

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Ing. Ms.C. Luigi Orlando Freire Martínez

C.C.: 050252958-9



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Salazar Vargas Oswaldo de Jesús y Vargas Toaquiza Edison con el título de Proyecto de Investigación: “**DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA AUTOMATIZADA DE GERMINACIÓN DE CEREALES PARA LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación del Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Febrero 2018.

Para constancia firman:

Lector 1 (Presidente)
Ing. Ms.C. Edwin Moreano
C.C.: 0502607500

Lector 2
Ing. Ms.C. Efrén Barbosa
C.C.:0501420723

Lector 3
Ing. Ms.C. Paulina Freire
C.C.: 0502056229



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN


En calidad de Director de Investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi emito la aprobación **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA AUTOMATIZADA DE GERMINACIÓN DE CEREALES PARA LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**. En el cual se evidencio su correcto funcionamiento con los parámetros de diseño establecido, la misma que está a cargo de los postulantes Sr. Salazar Vargas Oswaldo de Jesús con C.C. 050378545-3 y el Sr. Vargas Toaquiza Edison con C.C. 050350083-7, estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica quienes cumplen con los parámetros propuestos.

Por lo antes expuesto autorizo a los interesados hacer del presente documento el uso legal que más convenga.


Latacunga, Febrero 2018.



Ing. PhD. Carlos Torres
DIRECTOR DE INVESTIGACIÓN



Oswaldo de Jesús Salazar Vargas
C.C.: 050378545-3



Edison Vargas Toaquiza
C.C.: 050350083-7

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mi Dios quien supo guiarme por un buen camino dándome fuerzas para seguir adelante y no desmayar en los problemas que se presentaban. A mi familia quienes por ellos soy lo que soy. Para mis Padres Oswaldo Salazar y Rosa Vargas por su apoyo, comprensión, consejos y la ayuda con los recursos necesarios para poder estudiar. A mis hermanas Angélica y Narcisa por ser el incentivo para seguir adelante con este objetivo. Todo este trabajo ha sido posible gracias a ellos.

Jesús

DEDICATORIA

Dedico esto y todo que venga de proyectos en mi vida a mi familia, a mis padres Manuel y María por ser un gran ejemplo a seguir, de lucha y de esfuerzo por brindarme esa confianza y ese cariño sincero. A mis hermanos Franklin, Silvia, Rosa, Jenny por el apoyo incondicional y por permanecernos unidos en todo momento, así como también a mí cuñada Jeaneth. A mi sobrino David por ser esa personita que nos llena de alegría con su inocencia y ocurrencias.

Edison

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por la vida por haberme dado la sabiduría y la fortaleza para alcanzar este sueño anhelado. A la Universidad Técnica de Cotopaxi por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional. Agradezco la confianza y el apoyo brindado por parte de mis Padres y hermanas quienes en el trayecto de mi vida me han demostrado su amor corrigiendo mis faltas y celebrando mis triunfos. Al Ing. Luigi Freire por toda la colaboración brindada como tutor durante la elaboración de este proyecto. A mis profesores que durante toda mi carrera profesional aportaron con un granito de arena a mi formación. A Edison Vargas más que un compañero un amigo ya que nos hemos apoyado mutuamente en nuestra formación profesional. A Nathaly por ser alguien muy especial en mi vida y por demostrarme que en todo momento cuento con su apoyo. Para ellos muchas gracias y que Dios los bendiga.

Jesús

AGRADECIMIENTO

Un Agradecimiento infinito a la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme las puertas, a mi querida Carrera por haberme formado académicamente, A mi tutor Ing. Luigi Freire por ser esa guía primordial en este proceso, a mis estimados Docentes por llenarnos del conocimiento para así destacarme en el ámbito Profesional. A mi familia por varias razones que me supieron guiar de la mejor manera para ser un mejor ser humano, gracias por compartir los secretos de la vida a mi lado. A mi compañero Jesús Salazar por su amistad y por haber compartido grandes momentos en mi vida académica. A Dianita por haberme acompañado todo este tiempo y por haber compartido grandes momentos en mi vida, siempre con el apoyo mutuo que será el principio de nuevos retos y experiencias en mi vida.

Edison

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. RESUMEN DEL PROYECTO	3
3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO	3
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	5
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	5
Planteamiento del problema de investigación	6
6. OBJETIVOS	6
General.....	6
Específicos.....	6
Objeto	7
Campo de Acción	7
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	7
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA.....	8
Antecedentes.....	8
Germinación de semillas	9
Definición de germinación	9
Procesos de germinación	10
Fases del proceso de germinación	11
Factores que afectan la germinación	12
Factores internos.....	12
Madurez de la semilla.....	12
Viabilidad de las semillas	13
Factores externos	13
Humedad.....	14
Temperatura	14
Iluminación	15
Gases.....	16
Tiempo de germinado de las semillas en cámara	17
Problemas en la germinación.....	18
Exceso de temperatura	18
Falta de humedad	18
Calidad de las semillas.....	18
Aspectos importantes en la germinación	18
Requisitos para que ocurra la germinación.....	19
Absorción de agua	19
Embibición.....	19
Concentración de agua.....	19
Temperatura	20
Presión hidrostática.....	20
Área de la semilla en contacto con agua.....	21
Contenido de humedad mínimo para la germinación	21
Importancia de los germinados en la actualidad.....	22
Tipo de riego en el cultivo	22
Riego con aspersores	22

Cámara de germinación	23
Automatización.....	24
Arduino uno	24
DHT11 Módulo Sensor de Humedad y Temperatura.....	25
Modulo Relè	25
Ventilador	25
Calefactor.....	25
Bomba de agua	26
Electroválvula	26
Luminosidad	26
Pulsador	26
Teclado Matricial.....	26
9. HIPÓTESIS	27
Declaración de variables.....	27
Variable independiente	27
Variable dependiente	27
Operacionalización de las variables	27
10. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL	28
Metodología.....	28
Tècniques	28
Instrumentos	28
Diseño de la Càmara de germinación	29
Material para la estructura de la màquina.....	29
Anàlisis de temperatura de la càmara de germinación	29
Càlculo de pèrdenes de calor.....	30
Calculo del coeficiente del calor interno	30
Pèrdenes de calor a través de las paredes de la càmara de germinación.....	30
Construcción de la càmara de germinación:.....	32
Diseño de hardware de la càmara de germinación	33
Entradas:	33
Sensor de temperatura	34
Sensor de Humedad	35
Procesos:.....	36
Arduino	37
Salidas:.....	38
Relé.....	39
Implementación de la càmara de germinación	40
Diseño	40
Plano Mecànico	40
Plano del circuito electrònico	43
Descripción Electrònica.....	44
Algoritmo de control.....	45
Subsistema de control temperatura	47
Subsistema de control de humedad.....	48
Subsistema de control de luz	48
Topología de Red.....	49
Diseño de software de la càmara de germinación	50
Sensor de temperatura y humedad ambiental	52

Iluminación LED	52
Arduino Uno R3	53
Software Arduino.....	55
Ventilador Silentis de Cata	55
Bomba de agua de ½ HP.....	56
Electroválvula de ½ pulgada.....	57
Riego por nebulización	58
Resistencia calentadora (Calefactor)	59
Descripción Eléctrica.....	59
Lámpara Guía LED de 3W	61
Sembrado de las semillas de cereales	62
Temperatura	62
Humedad.....	63
Luminosidad para la germinación	63
Exigencias del suelo	63
Tiempo de germinación	64
Tiempo de vida	64
11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	64
Proceso de germinación de semillas	64
Pasó a Paso	65
Pruebas de funcionamiento.....	66
12. IMPACTOS	68
Análisis de impactos.....	68
Impacto social.....	69
Impacto económico.....	70
Impacto agroambiental	71
Impacto general	72
13. PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	73
Análisis financiero	73
14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
CONCLUSIONES.....	75
RECOMENDACIONES	77
15. BIBLIOGRAFÍA	78
16. ANEXOS	81

INDICE DE FIGURAS

CONTENIDO

PÁGINA

Figura 1: Germinación de una semilla.....	10
Figura 2: Fases de la germinación	11
Figura 3: Riego con aspersores.....	23
Figura 4: Diagrama general de un sistema de control	33
Figura 5: Módulo relé para control de actuadores	34
Figura 6: Sensor de humedad el módulo HL-69.....	35
Figura 7: Arduino UNO.....	37
Figura 8: Relé	39
Figura 9: Circuito electrónico de control.....	44
Figura 10: Diagrama Subsistema de Regulación (Lazo cerrado)	46
Figura 11: Diagrama Subsistema de Regulación (Lazo abierto).....	46
Figura 12: Diagrama Subsistema Control de Temperatura	47
Figura 13: Diagrama Subsistema de Control de Luz.....	48
Figura 14: Topología de red usada en el prototipo	49
Figura 15: Disposición de pines sensor DHT11	52
Figura 16: Módulo relé de cuatro canales	54
Figura 17: Interfaz de inicio del IDE Arduino	55
Figura 18: Ventilador Silentis de Cata	56
Figura 19: Bomba de agua de ½ HP	56
Figura 20: Electroválvula de ½ pulgada.....	58
Figura 21: Nebulizador.....	58
Figura 22: Direccionamiento del flujo de agua	59
Figura 23: Resistencia calentadora	59
Figura 24: Lámpara Guía LED de 3W	62

INDICE DE TABLAS

CONTENIDO	PÁGINA
Tabla 1: Beneficiarios del proyecto.....	5
Tabla 2: Actividades resultados y medios de verificaciòn	7
Tabla 3: Ejemplos de viabilidad de algunas semillas	13
Tabla 4: Temperaturas de germinaciòn de algunas semillas	14
Tabla 5: Tiempo de germinado para las semillas en la cámara	17
Tabla 6: Contenido de humedad para la germinaciòn	21
Tabla 7: Operacionalizaciòn de la variable independiente	27
Tabla 8: Operacionalizaciòn de la variable dependiente	28
Tabla 9: Propiedades de los materiales de las paredes de la cámara de germinaciòn	29
Tabla 10: Datos de espesores de las paredes de la cámara de germinaciòn	30
Tabla 11: Equivalencia aproximada entre lámparas incandescente vs LED	53
Tabla 12: Características Arduino UNO R3.....	53
Tabla 13: Temperatura experimental.....	63
Tabla 14: Lista de pruebas de control de temperatura.....	66
Tabla 15: Lista de pruebas de control de iluminaciòn.....	66
Tabla 16: Lista de pruebas de control de humedad	67
Tabla 17: Análisis de consumo eléctrico del sistema	67
Tabla 18: Rango de niveles de impacto positivo y negativo	68
Tabla 19: Métricas del impacto social.....	69
Tabla 20: Métricas del impacto económico.....	70
Tabla 21: Métricas del impacto agroambiental	71
Tabla 22: Métricas del impacto general	72
Tabla 23: Costo de materiales	73
Tabla 24: Costos de desarrollo	74

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA AUTOMATIZADA DE GERMINACIÓN DE CEREALES PARA LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”

Autores:

Salazar Vargas Oswaldo de Jesús

Vargas Toaquizza Edison

RESUMEN

Los cambios climáticos y atmosféricos que está ocurriendo a nivel mundial, han mitigado los cultivos que realizan los agricultores a través de fechas determinadas en el año, estos son afectados hasta provocar la pérdida entera de las cosechas principalmente por heladas y exceso de lluvia o calor. Los cereales son el alimento más nutritivo consumido por la humanidad, y la tecnificación de su cultivo es de gran importancia para los sectores agrícolas de todo el mundo. Es por eso que la ciencia y la tecnología han provisto la necesidad de crear artificialmente las condiciones climáticas en cámaras de germinación, promoviendo la facilidad de cultivar cereales u otro tipo de alimento natural en cualquier tiempo del año. Es así que la tecnología le otorga al agricultor mayores ingresos económicos y a los consumidores la factibilidad de no tener escasez de productos. El presente Proyecto de Investigación diseñó, construyó e implementó una cámara automatizada de germinación de cereales para la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi; la cámara permite mejorar el germinado de semillas de cereales, consiguiendo un germinado más uniforme en las bandejas donde se realiza la siembra de las semillas. A su vez, la cámara consigue un germinado homogéneo logrando el mayor número de semillas germinadas por bandeja, del 15% esto se debe al control automatizado de temperatura y humedad, así como la estructura de construcción de la cámara; la iluminación también es un factor preponderante, los colores amarillo, blanco y azul ubicados en cada cubículo para cada bandeja de la cámara permiten el reconocimiento de los efectos que produce la tonicidad en las semillas germinadas. El control y monitoreo de la temperatura y humedad será automatizado para reducir el tiempo de germinación.

Palabras clave: Germinador, semillas, cereales, control, temperatura, humedad.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

FACULTY OF SCIENCE AND ENGINEERING APPLIED

TITLE: “DESIGN AND CONSTRUCTION OF AN AUTOMATED CHAMBER OF CEREALS GERMINATION FOR THE FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES, OF THE TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI”

Authors:

Salazar Vargas Oswaldo de Jesús

Vargas Toaquiza Edison

SUMMARY

The Climatic and atmospheric changes that are occurring worldwide, have mitigated the crops that farmers perform through specific dates in the year, these are affected until cause the entire loss of crops mainly by frost and excessive rain or heat. Cereals are the most nutritious food consumed by humanity, and the technification of their cultivation is very important for agricultural sectors around the world. That is why science and technology have provided the need of create artificially climatic conditions in germination chambers, promoting the ease of growing cereals or other types of natural food at any time of year. Thus, technology gives the farmer greater economic income and consumers the feasibility of having not shortage of products. The present Research Project designed, built and implemented an automated chamber of germination of cereals for the Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources of the Technical University of Cotopaxi; the chamber allows improving the germination of cereal seeds, achieving a more uniform germination in the trays where the seeds are planted. At the same time the chamber achieves a homogeneous germination achieving the highest number of seeds germinated per tray, of 15 % this is due to the automated control of temperature and humidity, as well as the construction structure of the chamber; lighting is also a preponderant factor, the colors yellow, white and blue located in each cubicle for each tray of the chamber allow the recognition of the effects which produced the tonicity in the germinated seeds. The control and monitoring of temperature and humidity will be automated to reduce germination time.

Keywords: Germinator, seeds, cereals, control, temperature, humidity.



AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del idioma Inglés del Centro Cultural de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal.

CERTIFICO

La traducción del resumen del Proyecto de Investigación al idioma Inglés presentado por el señores **Salazar Vargas Oswaldo de Jesús y Vargas Toaquiza Edison**, egresados de la carrera de Ingeniería en Electromecánica de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, cuyo título versa **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA AUTOMATIZADA DE GERMINACIÓN DE CEREALES PARA LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, Febrero del 2016

Atentamente,

Lic. M. Sc. VLADIMIR SANDOVAL V.
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
C.C. 0502104219



1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto

Diseño y construcción de una cámara automatizada de germinación de cereales para la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Fecha de inicio: 10 de Octubre del 2016

Fecha de finalización: 03 de Marzo del 2017

Lugar de ejecución: Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales

Facultad que auspicia: Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia: Ingeniería Electromecánica

Equipo de Trabajo

Nombre: Ms.C. Ing. Luigi Orlando Freire Martínez

Celular: 0984420301

Cédula de Ciudadanía: 0502529589

Correo electrónico: luigi.freire@utc.edu.ec

Coordinador uno del proyecto de investigación

Nombre: Oswaldo de Jesús Salazar Vargas

Celular: 0999984763

Cédula de Ciudadanía: 050378545-3

Correo electrónico: oswaldo.salazar3@utc.edu.ec

Dirección: Aláquez, Barrio Centro, Latacunga, Cotopaxi.

Coordinador dos del proyecto de investigación

Nombre: Edison Vargas Toaquiiza
Celular: 0992929719
Cédula de Ciudadanía: 050350083-7
Correo electrónico: edison_vargas@utc.edu.ec
Dirección: Saquisilí, Barrio Centro, Saquisilí, Cotopaxi.

Área de conocimiento:

- Ingeniería, Industria y Construcción. (UNESCO-Manual-SNIESE-SENES)

Subárea de conocimiento:

- Ingeniería y Profesiones Afines. (UNESCO-Manual-SNIESE-SENES)

Subárea específica de conocimiento:

- Ingeniería de procesos químicos. (UNESCO-Manual-SNIESE-SENES)
- Tecnología de protección de medio ambiente. (UNESCO-Manual-SNIESE-SENES)
- Electrónica y automatización. (UNESCO-Manual-SNIESE-SENES)

Línea de investigación:

De acuerdo a lo establecido por el departamento de investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, línea 6: Energía, potencia, electromecánica y electrónica.

Sublíneas de investigación de la carrera:

- Automatización, Control y Protecciones en Sistemas Electromecánicos.

El proyecto de investigación se acoge a las anteriores sublíneas de investigación, al encontrarse como directrices principales, relacionando la automatización industrial a través del conocimiento de las áreas de los sistemas mecatrónicos, electromecánicos y electrónicos.

2. RESUMEN DEL PROYECTO

Los cambios climáticos y atmosféricos que está ocurriendo a nivel mundial, han mitigado los cultivos que realizan los agricultores a través de fechas determinadas en el año, estos son afectados hasta provocar la pérdida entera de las cosechas principalmente por heladas y exceso de lluvia o calor. Los cereales son el alimento más nutritivo consumido por la humanidad, y la tecnificación de su cultivo es de gran importancia para los sectores agrícolas de todo el mundo. Es por eso que la ciencia y la tecnología han provisto la necesidad de crear artificialmente las condiciones climáticas en cámaras de germinación, promoviendo la facilidad de cultivar cereales u otro tipo de alimento natural en cualquier tiempo del año. Es así que la tecnología le otorga al agricultor mayores ingresos económicos y a los consumidores la factibilidad de no tener escasez de productos.

El presente Proyecto de Investigación diseñó, construyó e implementó una cámara automatizada de germinación de cereales para la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi; la cámara permite mejorar el germinado de semillas de cereales, consiguiendo un germinado más uniforme en las bandejas donde se realiza la siembra de las semillas. A su vez, la cámara consigue un germinado homogéneo logrando el mayor número de semillas germinadas por bandeja, esto se debe al control automatizado de temperatura y humedad, así como la estructura de construcción de la cámara; la iluminación también es un factor preponderante, los colores amarillo, blanco y azul ubicados en cada cubículo para cada bandeja de la cámara permiten el reconocimiento de los efectos que produce la tonicidad en las semillas germinadas.

3. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

En la actualidad la integración de tecnologías en los procesos de cultivos aumenta la calidad y la producción de las plantas, así como la eficiencia de los resultados disponibles para su producción. Siendo esto de gran importancia debido a la actual competencia que existe en el mercado nacional e internacional, así como por la exigencia de calidad por parte del agro consumidor. Las cámaras de germinación se utilizan para el cultivo de plantas de manera controlada, ya que debido a los cambios climáticos, es muy importante controlar las altas temperaturas o el frío excesivo en los cultivos porque mediante un buen monitoreo, no sólo

aumenta la seguridad del agricultor, también se incrementa la calidad y la producción, y con ello la rentabilidad.

El propósito de este proyecto de investigación es automatizar los mecanismos de enfriamiento y calefacción, a través de un sistema autónomo que permita monitorear la temperatura ambiente de una cámara de germinación.

El germinador automatizado representa el ahorro de tiempo, dinero y tiene un total control sobre todas las variables que son indispensables para las plantas, como la temperatura, la humedad, la energía lumínica, el pH, etc. Y a su vez, da un incremento de la producción de cultivos.

En el presente proyecto de investigación, la cámara de germinación trabaja con una directriz domótica, la cual brinda la facilidad del diseño de circuitos electrónicos y eléctricos para el control de variables por medio de sensores, actuadores o tarjetas de adquisición de datos; a su vez, la plataforma de hardware libre como Arduino permite desarrollar prototipos escalables de control, combinando software y hardware con el propósito de dar el término automático, a una actividad cotidiana. En el trabajo de investigación se utiliza la tarjeta Arduino para adquirir las medidas de temperatura y humedad dentro de la cámara de germinación; mismos que serán los parámetros fundamentales para activar los actuadores necesarios de la cámara; ventilador, resistencia térmica, iluminación.

Arduino es la unidad de control lógico programable en la cámara de germinación y permite el funcionamiento y activación tanto de los sensores de medición, así como de los periféricos de salida; manipulan a través de la programación dentro de sus microprocesadores, la operatividad de la etapa de iluminación, ventilación y secado en el germinador.

Con esta propuesta se tiende a mejorar en forma sostenible los niveles de producción de plántulas para el fortalecimiento académico de los estudiantes, acortar los periodos vegetativos desde el punto de vista de producción, la ocupación e ingresos de los productores agrícolas y de sus familias. La práctica de las actividades agrícolas ha sido muy relevante a lo largo de su historia, tanto en el nivel local como en el contexto del país, ya que el estado cuenta con tierras y climas aptas para la producción de cultivos. La factibilidad de la implementación de la cámara de germinación es óptimo en base al aspecto económico, técnico y operativo.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

Los beneficiarios directos serán los estudiantes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi y los docentes que impartan sus cátedras con el uso práctico de la cámara automatizada de germinación de cereales.

Los beneficiarios indirectos serán todos los agroproductores y agricultores del sector; además de los estudiantes y lectores de este proyecto de investigación como fuente de información y consulta.

Los beneficiarios directos e indirectos se muestran en la tabla 1.

Tabla 1: Beneficiarios del proyecto

Directos	Estudiantes y Docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi (Investigadores).
Indirectos	Agroproductores y agricultores del sector, estudiantes.

Elaborado por: Los Investigadores

5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En la actualidad la necesidad de tener cultivos de semillas en cualquier periodo del año, ha obligado, a que los estudiantes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales se estén actualizando constantemente en este proceso, es por ello que se empieza a cultivar bajo invernaderos, en los cuales se realiza el proceso de germinación de las semillas que ha de producir, los procesos de germinación bajo invernaderos, no garantizan los procesos de germinación de las semillas, conllevando así a que el cultivo de esta manera contribuya a una pérdida sino parcial como total de la siembra y la inversión de materia prima.

En el provincia de Cotopaxi, esta siembra bajo invernadero ya es muy popular, en la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, así como los agricultores cotopaxenses caen en el error; donde se realiza este tipo de cultivos, de acuerdo con las experiencias recogidas se sabe que por ejemplo de la adquisición de 3000 semillas, solo se recoge 1500, debido a muchos factores como las condiciones climáticas existentes representando así una gran pérdida económica para los agricultores o los estudiantes y responsables de la Facultad antes mencionada.

El problema radica específicamente en que los agricultores y estudiantes al realizar el semillero manualmente sin las condiciones climáticas óptimas no adquieren el resultado deseado que serían la totalidad de semillas adquiridas germinadas, para luego ser trasplantadas a los invernaderos. La implementación del Germinador logrará solventar el cultivo de semillas de cereales que requieren los estudiantes para las prácticas profesionales en la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, motivando un ideal perfil profesional en las respectivas carreras de Ingeniería.

Planteamiento del problema de investigación

¿Cómo mejorar el proceso de germinación mediante la implementación de un germinador de cereales automatizado, sin alterar sus condiciones biológicas; monitoreando la temperatura, humedad y luminosidad?

6. OBJETIVOS

Este apartado del proyecto de investigación redacta los objetivos, argumentos técnicos que encuadran el desarrollo de la cámara de germinación de semillas de cereales.

General

- Implementar un sistema de germinación automatizado que permita mejorar y reducir el tiempo de germinación de los cereales.

Específicos

- Determinar los parámetros agroclimáticos más significativos para el desarrollo de un prototipo domótico de agricultura de precisión con hardware libre.
- Controlar automáticamente la calefacción o enfriamiento del ambiente dentro de la cámara de germinación; dependiendo de las lecturas tomadas con un sensor de temperatura y humedad.
- Elaborar una cámara de germinación sin alterar los factores biológicos Realizar pruebas experimentales de funcionamiento de la cámara de germinación con condiciones amigables al operador.
- Realizar pruebas experimentales de funcionamiento de la cámara de germinación con condiciones amigables al operador.

Objeto

Germinador de cereales automatizado en el Campus Salache Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Campo de Acción

Automatización y control de las variables de la temperatura y humedad para la germinación.

El planteamiento de los objetivos, el objeto y el campo de acción motivan el establecimiento de las actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Las actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados se detallan en la tabla 2.

Tabla 2: Actividades resultados y medios de verificación

Objetivos	Actividades	Resultado de la Actividad	Descripción de la Metodología
Determinar los parámetros agroclimáticos más significativos para el desarrollo de un prototipo doméstico de agricultura de precisión con hardware libre.	Copilar la información obtenida mediante el estudio realizado en base a fuentes bibliográficas y artículos científicos. Encuesta Personal al PhD. Carlos Torres	Satisfacer nuestras inquietudes para el proceso de germinación.	La investigación se basará en la obtención y especificación y características importantes de los diferentes mecanismos a utilizar.
Controlar automáticamente la calefacción o enfriamiento del ambiente dentro de la cámara de germinación; dependiendo de las	Datos del ambiente climático.	Análisis de construcción óptimo para el proceso. Medición de pérdidas de humedad.	Se realizará una investigación cuantitativa.

lecturas tomadas con un sensor de temperatura y humedad.		temperatura en función del tiempo.	
Elaborar una cámara de germinación sin alterar los factores biológicos.	Parámetros de diseño.	Fiabilidad de materiales.	Dialux Autocad Proteus
Realizar pruebas experimentales de funcionamiento de la cámara de germinación con condiciones amigables al operador.	Toma de valores para la germinación.	Comparación de resultados obtenidos.	Verificar los parámetros mediante el control de las variables de humedad y temperatura.

Elaborado por: Los Investigadores

Cada actividad es relevante al objetivo general y los objetivos específicos para enmarcar la fundamentación científica y técnica.

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

Los siguientes numerales del proyecto de investigación detallan el argumento científico y técnico del desarrollo del germinador de semillas de cereales.

Antecedentes

Los germinados han sido utilizados con propósitos medicinales desde la antigüedad, el Emperador de China escribía sobre las hierbas medicinales y los frijoles germinados los cuales en esa época eran prescritos para dolencias como, contracciones musculares, entre otras. En Occidente también fueron utilizados con el mismo propósito y en casos especiales como son los marineros, estas personas que trabajaban en alta mar y por varios meses, morían en las embarcaciones, el motivo de estar rodeados de agua y no tener un método de conservación de alimentos adecuado no podían consumir alimentos frescos como vegetales, por estos motivos las tripulaciones sufrían de una enfermedad llamada escorbuto que es producida por la deficiencia de vitamina C. Por lo que crearon una bebida fermentada obtenida a partir de frijoles germinados. (Racines, 2011)

En la Segunda Guerra Mundial se prepararon condiciones para hacer de los brotes de soja un producto de primera necesidad para los norteamericanos, se lanzó una campaña para enseñar a prepararlos y así crear una reserva alimentaria estratégica para los tiempos de la guerra. En una época se olvidó todo este programa y no es hasta los años setenta, que los aeróbicos, las campañas sobre cultura física y alimentación sana se pone en auge, comienzan a tomar un papel cada vez más importante en la alimentación humana. En la actualidad los brotes son reconocidos como alimentos muy especiales entre las personas con tendencias a las prácticas del naturismo. (Racines, 2011)

Hace más de treinta años, los brotes han vuelto a ganar popularidad de la mano de la nutrición, y el resto de las distintas tendencias de la alimentación: naturista, vegetariana, y macrobiótica, entre otros que hoy en día son consumidos por una gran parte de la población mundial hasta llegar en la actualidad a fusionarse con los desarrollos tecnológicos y convertir esta producción en un aspecto que abarca desde procesos artesanales o auto controlados domésticos y agrícolas, hasta elevadas e industriales productividades tanto en la línea orgánica como transgénica. (Racines, 2011)

Como investigadores es coherente apreciar y compartir el criterio del autor al mencionar la importancia de los productos germinados en invernaderos y su utilidad en los seres humanos a través de la historia. Una cámara de germinación es una herramienta muy valiosa en el campo de la Ingeniería Agronómica.

Germinación de semillas

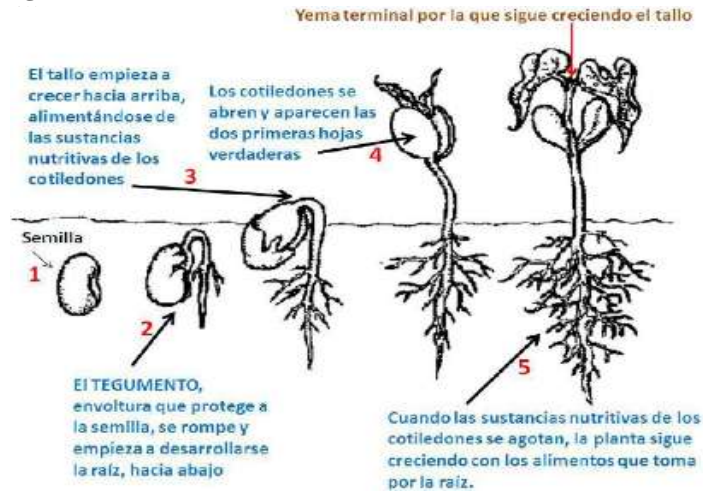
En este numeral del proyecto de investigación se detalla de forma resumida aspectos relevantes para la germinación de semillas de cereales.

Definición de germinación

Proceso mediante el cual una semilla se desarrolla hasta convertirse en una planta. Este proceso se lleva a cabo cuando el embrión se hincha y la cubierta de la semilla se rompe. Para lograr esto, toda nueva planta requiere de elementos básicos para su desarrollo: temperatura, agua, oxígeno y sales minerales. (Castaño, 2008)

El ejemplo más común de germinación, es el brote de un semillero a partir de una semilla de una planta floral o angiosperma. La figura 1 muestra la germinación de una semilla floral. (Castaño, 2008)

Figura 1: Germinación de una



Elaborado por: (Castaño, 2008)

Como investigadores se puede apreciar a través del autor que la importancia del proceso de germinación en la semilla es vital, pues si no hay germinación no hay planta y sin planta no hay producto agrícola.

Procesos de germinación

Para que el proceso de germinación, es decir, la recuperación de la actividad biológica por parte de la semilla tenga lugar, es necesario que se den una serie de condiciones ambientales favorables como son: un sustrato húmedo, suficiente disponibilidad de oxígeno que permita la respiración aerobia y una temperatura adecuada para los distintos procesos metabólicos y para el desarrollo de la plántula. (Castaño, 2008)

La absorción de agua por la semilla desencadena una secuencia de cambios metabólicos, que incluyen la respiración, la síntesis proteica y la movilización de reservas. A su vez la división y el alargamiento celular en el embrión provocan la rotura de las cubiertas seminales, que generalmente se produce por la emergencia de la radícula. Sin embargo, las semillas de muchas especies son incapaces de germinar, incluso cuando se encuentran en condiciones favorables. Esto es debido a que las semillas se encuentran en estado de latencia. Por ello, mientras no se den condiciones adecuadas para la germinación, la semilla se mantendrá latente durante un

tiempo variable, dependiendo de la especie, hasta que llegado un momento, pierda su capacidad de germinar. (Castaño, 2008)

Fases del proceso de germinación

En el proceso de germinación se puede distinguir:

1.- Fase de hidratación: La absorción de agua es el primer paso de la germinación, sin el cual el proceso no puede darse.

Durante esta fase se produce una intensa absorción de agua por parte de los distintos tejidos que forman la semilla. Dicho incremento va acompañado de un aumento proporcional en la actividad respiratoria. (Díaz, 2011)

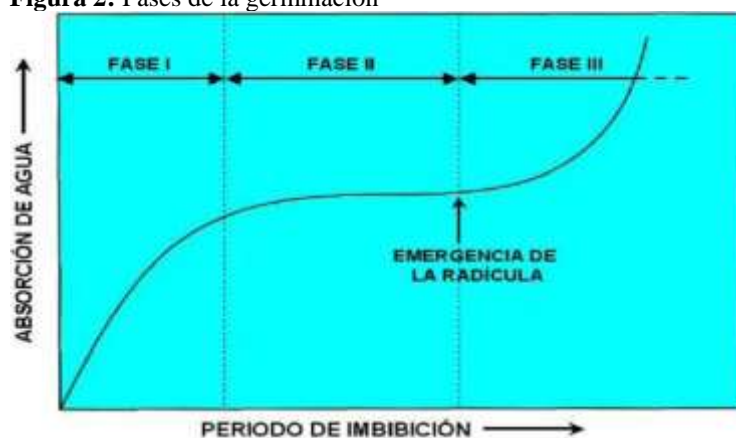
2.- Fase de germinación: Representa el verdadero proceso de la germinación.

En ella se producen las transformaciones metabólicas, necesarias para el correcto desarrollo de la plántula. En esta fase la absorción de agua se reduce considerablemente, llegando incluso a detenerse. (Díaz, 2011)

3.- Fase de crecimiento: Es la última fase de la germinación y se asocia con la emergencia de la radícula (cambio morfológico visible).

Esta fase se caracteriza porque la absorción de agua vuelve a aumentar, así como la actividad respiratoria. La figura 2 muestra las fases de germinación. (Díaz, 2011)

Figura 2: Fases de la germinación



Fuente: (Díaz, 2011)

La duración de cada una de estas fases depende de ciertas propiedades de las semillas, como su contenido en compuestos hidratantes y la permeabilidad de las cubiertas al agua y al oxígeno. Estas fases también están afectadas por las condiciones del medio, como el nivel de humedad, las características y composición del sustrato, la temperatura, etc. (Díaz, 2011)

Otro aspecto interesante es la relación de estas fases con el metabolismo de la semilla.

- La primera fase se produce tanto en semillas vivas y muertas y, por tanto, es independiente de la actividad metabólica de la semilla. Sin embargo, en las semillas viables, su metabolismo se activa por la hidratación. (Díaz, 2011)
- La segunda fase constituye un período de metabolismo activo previo a la germinación en las semillas viables o de inicio en las semillas muertas.
- La tercera fase se produce sólo en las semillas que germinan y obviamente se asocia a una fuerte actividad metabólica que comprende el inicio del crecimiento de la plántula y la movilización de las reservas. Por tanto los factores externos que activan el metabolismo, como la temperatura, tienen un efecto estimulante en la última fase.

En las dos primeras fases de la germinación los procesos son reversibles, a partir de la fase de crecimiento se entra en una situación fisiológica irreversible. La semilla que haya superado la fase de germinación tendrá que pasar a la fase de crecimiento y originar una plántula, o por el contrario morir. (Díaz, 2011)

Las tres fases de germinación que redacta el autor, es imperante para establecer una epistemología de conocimiento en el proceso de desarrollo del Proyecto de Investigación, como investigadores se acoge el criterio del autor al saber que la temperatura y la humedad son factores importantes en la biología del crecimiento de la plántula.

Factores que afectan la germinación

Los factores que afectan la germinación se pueden clasificar en:

Factores internos

Madurez de la semilla

Se dice que una semilla es madura cuando ha alcanzado su completo desarrollo tanto desde el punto de vista morfológico como fisiológico. La madurez morfológica se consigue cuando las

distintas estructuras de la semilla han completado su desarrollo, dándose por finalizada cuando el embrión ha alcanzado su máximo desarrollo. (Parrado, Ubaque, 2014)

Viabilidad de las semillas

Es el período de tiempo durante el cual las semillas conservan su capacidad para germinar. Atendiendo a la longevidad de las semillas, es decir, el tiempo que las semillas permanecen viables, pueden haber semillas que germinan, todavía, después de decenas o centenas de años; se da en semillas con una cubierta seminal dura como las leguminosas. La tabla 3 muestra algunos ejemplos de viabilidad de ciertas semillas. (Parrado, Ubaque, 2014)

Tabla 3: Ejemplos de viabilidad de algunas semillas

Especie	Años	Ambiente del Almacenamiento
Acelga	4	Almacén seco
Arroz	10	Laboratorio, sellada
Arveja	31	Cámara seca
Avena	32	Almacén seco
Brócoli	1	Almacén seco
Cebada	32	Almacén seco
Cebolla	22	Cámara seca
Chocho	30	Cámara seca
Coliflor	4	Almacén seco
Fréjol	22	Laboratorio seco
Haba	30	Cámara seca
Lechuga	20	- 4 8C, 8%.
Maíz	37	Almacén seco
Nabo	10	Laboratorio seco
Papa	20	Laboratorio seco
Pimiento	3	Laboratorio seco
Quinoa	20	Almacén seco
Remolacha	30	Laboratorio seco
Soya	13	Almacén seco
Tomate	33	Laboratorio seco
Trigo	32	Almacén seco
Zanahoria	31	Laboratorio seco
Zapallo	10	Laboratorio, empaque hermético

Fuente: (Aranda, Campos, 2005)

Factores externos

Entre los factores ambientales más importantes que inciden en el proceso de germinación se destacan: humedad, temperatura, iluminación y gases. (Aranda, Campos, 2005)

Humedad

El agua es básica para que se inicie el proceso de germinación. La humedad del suelo hidrata la semilla lo que produce el desarrollo del embrión que rompe la cubierta. La raíz se hunde hacia la tierra, mientras que el tallo crece hacia el exterior formándose la plántula. (Aranda, Campos, 2005)

La plántula, constituida por el tallo y el cotiledón o cotiledones, se nutre del almidón almacenado en la semilla, hasta que se forman las verdaderas hojas capaces de alimentar la nueva planta. (Aranda, Campos, 2005)

- Una humedad demasiado bajo para lo que requiere una especie determinada no logra activar el proceso de germinado.
- Una humedad demasiado elevada podría impedir la captación de oxígeno del suelo, necesario para comenzar a crecer y podría facilitar la aparición de enfermedades.
- Se debe de mantener un nivel mayor a 60% de humedad en el medio ambiente de las semillas, para una buena germinación se deberá de tener una humedad relativa de 70 a 80%.

Temperatura

La temperatura es otro factor que determina la germinación al activar una serie de enzimas que inician los metabólicos adecuados. La temperatura depende también de cada tipo de planta, aunque la mayoría germinan antes cuando las temperaturas son más elevadas. Estas condiciones se suelen cumplir cuando se planta la semilla en la época ideal. (Aranda, Campos, 2005)

La tabla 4 muestra las temperaturas ideales para la germinación de algunas verduras, hortalizas y cereales, así como la mínima en la que también se puede iniciar la germinación. (Aranda, Campos, 2005)

Para conseguir el mayor poder germinativo de las semillas que se vaya a plantar, se debería escoger una época del año en la que la temperatura sea la óptima.

Tabla 4: Temperaturas de germinación de algunas semillas

Tipo de cultivo	Temperatura ideal	Temperatura mínima	Temperatura máxima
Acelga	18-22	6-8	34-35
Arroz	30-37	10-12	40-42

Arveja	20-25	10-12	35-38
Avena	30-38	10-12	40-43
Brócoli	20-30	5-8	35-38
Cebada	10-30	8-10	30-35
Cebolla	20-25	5-8	30-32
Chocho	20-30	5-6	40-42
Coliflor	24-30	5-6	35-38
Fréjol	24-32	8-10	40-42
Haba	20-25	10-12	35-38
Lechuga	20-30	8-9	35-37
Maíz	20-35	8-10	40-44
Nabo	15-20	6-7	35-36
Papa	20-25	4-5	30-32
Pimiento	20-30	8-9	35-37
Quinoa	15-35	10-11	35-40
Remolacha	10-30	8-9	35-36
Soya	32-33	8-10	40-41
Tomate	20-35	13-20	35-40
Trigo	15-31	3-5	30-43
Zanahoria	10-30	10-11	35-36
Zapallo	20-35	8-10	40-41

Elaborado por: (Aranda, Campos, 2005)

NOTA: La temperatura de la cámara será de 50 °C y la temperatura mínima de la cámara será de 10 °C.

Iluminación

El efecto que las condiciones de iluminación tienen sobre las semillas permite clasificar a éstas en tres categorías:

- 1.- Semillas con fotosensibilidad positiva: Son semillas que germinan preferentemente bajo iluminación.
- 2.- Semillas con fotosensibilidad negativa: Son semillas que germinan preferentemente en oscuridad, mientras que la iluminación inhibe su germinación.
- 3.- Semillas no fotosensibles: Son semillas que germinan independientemente de las condiciones de iluminación.

Así, en las especies cuyas semillas se incluyen en la primera categoría (fotosensibilidad positiva), la germinación no tiene lugar si están profundamente enterradas. En estas especies, algunas típicas malas hierbas, la germinación no tiene lugar hasta que no se sitúan cerca de la superficie del suelo, ya sea por causas naturales o por el laboreo para la preparación del terreno. (Aranda, Campos, 2005)

En especies con semillas que presentan fotosensibilidad negativa ocurre todo lo contrario, las semillas para germinar deben situarse a cierta distancia de la superficie del suelo para protegerse del efecto inhibitor de la luz blanca. Esta protección se logra a escasa profundidad, dado que la transmisión de la luz a través del suelo es muy baja, estimándose que sólo el 2% de la luz atraviesa los dos primeros milímetros de un sustrato arenoso. (Aranda, Campos, 2005)

Gases

La mayor parte de las semillas requieren para su germinación un medio suficientemente aireado que permita una adecuada disponibilidad de O_2 y CO_2 . De esta forma el embrión obtiene la energía imprescindible para mantener sus actividades metabólicas.

La mayoría de las semillas germinan bien en atmósfera normal con 21% de O_2 y un 0.03% de CO_2 . El efecto del CO_2 es el contrario del O_2 , es decir, las semillas no pueden germinar si se aumenta la concentración de CO_2 . (Coronel, 2016)

Para que la germinación tenga éxito, el O_2 disuelto en el agua de imbibición debe poder llegar hasta el embrión. A veces, algunos elementos presentes en la cubierta seminal como compuestos fenólicos, capa de mucílago, macroesclereidas, etc., pueden obstaculizar la germinación de la semilla por que reducen la difusión del O_2 desde el exterior hacia el embrión. (Coronel, 2016)

Además, hay que tener en cuenta que, la cantidad de O_2 que llega al embrión disminuye a medida que aumenta la disponibilidad de agua en la semilla. (Coronel, 2016)

También la modifica la solubilidad del O_2 en el agua que absorbe la semilla, siendo menor la solubilidad a medida que aumenta la temperatura. (Coronel, 2016)

Los factores externos e internos que afectan el germinado de las semillas, es necesario subrayar que la temperatura, la humedad y la iluminación afectan directamente en el ciclo de desarrollo

de la semilla desde su siembra hasta su desenvolvimiento en forma de plántula. La longevidad de la semilla también es consecuente al eficiente resultado de germinación, así como el oxígeno.

Tiempo de germinado de las semillas en cámara

La siguiente tabla muestra el tiempo de germinado de las semillas en una cámara de germinación. La tabla 5 muestra el tiempo de germinado para las semillas. (Aranda, Campos, 2005)

Tabla 5: Tiempo de germinado para las semillas en la cámara

Cultivo	Época de siembra	Recolección	Tiempo de germinado en la cámara
Acelga	marzo a octubre	todo el año	7 a 9 días
Arroz	febrero a marzo	90 a 100 días	5 a 7 días
Arveja	febrero a marzo	120 a 150 días	5 a 8 días
Avena	julio a agosto	todo el año	5 a 10 días
Brócoli	mayo a julio	150 días	1 día
Cebada	julio a agosto	todo el año	5 a 8 días
Cebolla	agosto a octubre	mayo a julio	8 a 10 días
Chocho	agosto a octubre	360 días	10 a 15 días
Coliflor	mayo a julio	150 días	5 a 6 días
Fréjol	septiembre a diciembre	90 a 150 días	5 a 8 días
Haba	septiembre a diciembre	120 a 150 días	5 a 10 días
Lechuga	agosto a octubre	90 a 120 días	7 a 8 días
Maíz	septiembre a diciembre	240 días	7 a 10 días
Nabo	agosto a octubre	90 a 100 días	7 a 9 días
Papa	septiembre a diciembre	todo el año	8 a 15 días
Pimiento	febrero a abril	150 días	3 a 5 días
Quinoa	agosto a octubre	todo el año	8 a 10 días
Remolacha	agosto a octubre	todo el año	7 a 10 días
Soya	septiembre a diciembre	90 a 150 días	5 a 8 días
Tomate	febrero a mayo	150 días	5 a 8 días
Trigo	julio a agosto	todo el año	5 a 10 días
Zanahoria	septiembre a diciembre	90 a 120 días	15 a 30 días
Zapallo	septiembre a diciembre	120 a 200 días	5 a 10 días

Elaborado por: (Aranda, Campos, 2005)

Los autores aportan una eficaz información en el tiempo de germinado de las semillas; como investigadores se aprecia la información como punto métrico para las pruebas de verificación dentro de la cámara de germinación. Para una eficiente implantación del germinador es importante reconocer cuales son los problemas que pueden sucitarse en la germinación.

Problemas en la germinación

Los posibles problemas en la germinación se describen a continuación.

Exceso de temperatura

Si la temperatura del lugar de germinación aumenta por arriba de 33-35 °C, las semillas no germinarán y morirán. Aunque la temperatura ambiente este por debajo de esta temperatura; la temperatura del medio de crecimiento puede alcanzar mayores temperaturas. Si la temperatura es 30 °C se recomienda mover las semillas a un lugar más fresco. (Coronel, 2016)

Falta de humedad

La falta de humedad es un factor muy delicado en las semillas recién germinadas. Se debe de mantener un nivel del 60% o mayor de humedad en el medio ambiente de las semillas. Si el lugar de germinación es un lugar seco, se puede poner un plástico sobre las semillas para retener la humedad. Pero es muy importante que haya circulación de aire para mantener el suministro de oxígeno constante de otra manera se asfixiarán por no poder respirar. (Coronel, 2016)

Calidad de las semillas

Es un factor muy importante para la germinación. Es mejor comprar semillas frescas producidas por empresas agroindustriales o en tiendas semilleras. (Coronel, 2016)

El autor ofrece un aporte valioso al desarrollo del proyecto de investigación con los datos referentes a los problemas en la germinación, esta información como investigadores nos permite establecer parámetros en el diseño de la cámara germinadora. Las semillas de cereales tienen que estar en un ambiente de temperatura no mayor a 30 °C, con una humedad que no debe superar el 60%.

Aspectos importantes en la germinación

Es una secuencia de eventos que dan como resultado la transformación de un embrión en estado quiescente en una plántula. (Romero, 1990)

Requisitos para que ocurra la germinación

Asumiendo que no existen mecanismos de latencia que impidan germinación, se requiere de la concurrencia de varios factores para que el embrión contenido en la semilla reinicie su desarrollo. (Romero, 1990)

Absorción de agua

Embibición

Es un caso especial de un fenómeno físico denominado difusión, y como tal, se da sí existe un gradiente de difusión. Se caracteriza por un aumento de volumen de la sustancia o cuerpo que embibe y está íntimamente relacionada con las propiedades de materiales coloidales. (Romero, 1990)

Las partículas coloidales en la semilla forman una red miscelar, medianamente rígida, en la que cargas eléctricas de signos opuestos están orientadas en una manera definida. Cuando el agua penetra en la semilla, una fracción ocupa los espacios libres y otra se une químicamente a las sustancias de que están compuestas las semillas. (Romero, 1990)

El volumen de las semillas aumenta con la embibición, pero el volumen final del sistema (semilla + agua) es menor que la suma de los volúmenes individuales iniciales de semillas y agua; esta contracción del sistema es prueba de la ocupación de los espacios libres dentro de la semilla y de la absorción de agua en la matriz coloidal. La tasa de embibición se ve afectada por varios factores que pueden determinar la respuesta a germinación de las semillas. (Romero, 1990)

Como investigadores es necesario apreciar el criterio del autor, al saber que la absorción de agua es el elemento vital para que el embrión pueda salir de la semilla y convertirse en plántula. El agua y el proceso de embibición permiten incrementar el volumen de las semillas y cumplir el proceso de germinado.

Concentración de agua

En general, la embibición es más rápida cuando la semilla está en contacto con agua pura que cuando el agua contiene solutos. El principio que opera es el de presión de difusión del agua.

De aquí que las semillas absorben agua más lentamente en suelos secos o salinos, no solo porque hay menos agua, sino que también es causa de una menor presión de difusión del agua. (Romero, 1990)

El autor es eficiente en su criterio, como investigadores se puede aprender que las semillas necesitan de la concentración de agua para que se cumpla el principio de presión de difusión de agua en beneficio en la fecundación de la semilla.

Temperatura

El calor es una forma de energía. Cuando se calienta el agua que está en contacto con la semilla, parte de la energía suministrada se invierte en aumentar la difusión de agua, por lo tanto, aumenta la tasa de absorción de agua, dentro de ciertos límites. Se ha encontrado experimentalmente que un aumento de 10°C en la temperatura duplica la tasa de absorción al inicio del proceso de embibición. (Romero, 1990)

El autor al igual que las anteriores variables permite reconocer a la temperatura como fundamental en el proceso de germinación de las semillas, la temperatura permite crear el ambiente idóneo para que la plántula sobresalga de la tierra y brote eficientemente. La temperatura a criterio de los investigadores, es la variable física más importante que interviene en el control de la germinación de las semillas.

Presión hidrostática

Conforme el agua penetra en las semillas, ésta provoca un aumento de volumen y presión en las membranas celulares. Igualmente, las membranas celulares oponen resistencia de igual magnitud, la que resulta en un aumento de la presión de difusión del agua interna, aumentando su difusión hacia afuera y por lo tanto disminuyendo la tasa de absorción de la semilla. (Romero, 1990)

El autor ofrece un valioso criterio sobre la presión hidrostática como un aspecto importante en la germinación de las semillas de cereales, la presión del agua aumenta el volumen de la semilla y la presión de las membranas provocando la difusión del agua interna y la hinchazón de la semilla con tendencia a la plántula.

Área de la semilla en contacto con agua

Considerando otros factores constantes, la tasa de absorción de agua es proporcional a la magnitud del área de las semillas en contacto con el agua. En algunas clases de semilla ciertas regiones son más permeables que otras. (Romero, 1990)

El área de la semilla en contacto con el agua aglutina la idea de la importancia que tiene el agua en la producción de la plántula con resultados esperados al crecimiento de las semillas de cereales.

Contenido de humedad mínimo para la germinación

Cada especie necesita absorber un cierto mínimo de humedad para que ocurra germinación. Se ha encontrado que las semillas con alto contenido de proteína necesitan un contenido de humedad mayor que semillas con niveles bajos de proteína; esto se puede observar en la tabla 6. (Basra, 1995)

Tabla 6: Contenido de humedad para la germinación

Cultivo	Contenido de Humedad
Acelga	30-35.0%
Arroz	32-35.0%
Arveja	30-47.0%
Avena	32-36.0%
Brócoli	25-35.0%
Cebada	15-28.0%
Cebolla	30-45.0%
Chocho	10-28.0%
Coliflor	26-30.0%
Fréjol	30-35.0%
Haba	28-36.0%
Lechuga	30-35.0%
Maíz	30.5%
Pimiento	25-33.0%
Quinoa	20-30.0%
Remolacha	31.0%
Soya	50.0%
Tomate	26-37.0%
Trigo	15-25.0%
Zanahoria	25-40.0%
Zapallo	25-37.0%

Elaborado por: (Coronel, 2016)

El autor es directo en su detalle sobre el contenido de humedad mínimo para la germinación, como se puede apreciar en la tabla anterior, la misma que reporta que la humedad promedio para el desarrollo de la plántula oscila en 30 a 36 %.

Importancia de los germinados en la actualidad

En América y Europa, la ingesta de los germinados es cada día mayor, ya que se han descubierto una gran cantidad de propiedades benéficas para el organismo, por ejemplo contiene altos índices de vitaminas, minerales, proteínas y clorofila, que combinados ayudan a evitar el envejecimiento (antioxidantes), eliminar toxinas, estimular el sistema inmunológico, regular la actividad intestinal y mejorar el desempeño del sistema nervioso.

Muchos países tienen sus propias empresas de producción de germinados, dando la facilidad de distribución por todo el mundo y las personas los pueden obtener de una forma sencilla en un supermercado. (Racines, 2011)

El autor reporta un criterio eficaz en la importancia de los germinados, como autores se puede acotar que los cereales son tan importantes en la canasta alimenticia de las familias de muchos países.

En el Ecuador el cereal constituye uno de los productos más utilizados en la dieta diaria de los ecuatorianos, productos como el maíz, la avena, la cebada, el arroz o la quinua son indispensables para las comidas en el país.

Tipo de riego en el cultivo

Es imperante conocer las maneras con las que se puede realizar una aspersión eficiente del agua, sobre las semillas sembradas en un cultivo para el óptimo desarrollo de la plántula. (Fuentes, 1996)

Riego con aspersores

Los aspersores tienen un estilo de riego con un alcance de 6 m o más, dependiendo de la presión del agua y el tipo de boquilla.

Estos se dividen en dos grupos: emergentes, estos se levantan del suelo al empezar el riego y vuelven a sumergirse cuando termina y móviles los cuales son adheridos a los extremos de una manguera y se van moviendo de un lado a otro. (Fuentes, 1996)

Figura 3: Riego con aspersores



Elaborado por: (Gurovich, 1985).

El riego con aspersores a criterio del autor se clasifican en emergentes y móviles; un riego por aspersión es muy utilizado en invernaderos y cultivos de mucha capacidad debido a la presión con la que el agua cubre la superficie del terreno.

Cámara de germinación

La función de la cámara de germinación es la de facilitar la germinación de las semillas elevando su temperatura, un termostato adaptado en el interior del germinador permite obtener la temperatura óptima, un ventilador distribuye el aire del interior para homogeneizar la temperatura. (Borja, 2011)

Una vez puesta las semillas en sus respectivos cubículos que están ubicados en las bandejas han de pasar a la cámara de germinación. El tiempo de estancia en la cámara depende del cultivo sembrado y el objetivo es que germine la raíz principal solamente, ya que si se mantuviera más tiempo en la cámara aparecerían los cotiledones y la planta crecería ahilada. (Borja, 2011)

Es interesante disponer de un ventilador en la cámara de germinación para homogeneizar temperatura y humedad. Se debe asegurar de que haya suficiente espacio entre las paredes de la cámara, con las bandejas de germinación, para repartir de esta forma la temperatura y humedad. (Borja, 2011)

Como investigadores se puede subrayar al criterio del autor que la mayoría de las cámaras de germinación comerciales tienden a controlar la temperatura y la humedad como parámetros físicos y biológicos relevantes.

Automatización

Permite que una máquina desarrolle ciertos procesos o realice tareas sin intervención del ser humano. La automatización permite ahorrar tiempo y muchas veces dinero, mejorar la producción y la calidad de los productos, aumentar la producción, reducir los costos de esa labor e incluso darle más seguridad a los trabajadores son los motivos por los que se considera que es necesaria la automatización. (AUTOMATIZACION, 2014)

La Automatización ayuda a resolver una necesidad y se deben evaluar varias propuestas de solución, ya que permite tener diferentes caminos para llegar al mismo resultado.

Arduino uno

Arduino es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto (open – source) basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar. Está pensado e inspirado en artistas, diseñadores, y estudiantes de computación o robótica y para cualquier interesado en crear objetos o entornos interactivo, o simplemente por hobby. Arduino consta de una placa principal de componentes eléctricos, donde se encuentran conectados los controladores principales que gestionan los demás complementos y circuitos ensamblados en la misma. Además, requiere de un lenguaje de programación para poder ser utilizado y, como su nombre lo dice, programado y configurarlo a nuestra necesidad, por lo que se puede decir que Arduino es una herramienta "completa" en cuanto a las herramientas principales nos referimos, ya que sólo debemos instalar y configurar con el lenguaje de programación de esta placa los componentes eléctricos que queramos para realizar el proyecto que tenemos en mente, haciéndola una herramienta no sólo de creación, sino también de aprendizaje en el ámbito del diseño de sistemas electrónicos-automáticos y además, fácil de utilizar. Arduino también simplifica el proceso de trabajo con micro controladores, ya que está fabricada de tal manera que viene “pre ensamblada” y lista con los controladores necesarios para poder operar con ella una vez que la saquemos de su caja, ofreciendo una ventaja muy grande para profesores, estudiantes y aficionados interesados en el desarrollo de tecnologías. Las posibilidades de realizar proyectos basados en esta plataforma tienen como limite la imaginación de quien opera esta herramienta. (AUTOMATIZACION, 2014)

DHT11 Módulo Sensor de Humedad y Temperatura

Este sensor de temperatura y humedad DHT11 dispone de una salida calibrada de señal digital con la temperatura y el complejo sensor de humedad. Su tecnología garantiza la alta fiabilidad y una excelente estabilidad a largo plazo. (AUTOMATIZACION, 2014)

Un alto rendimiento de 8-bits. Este sensor incluye un elemento resistivo y una sensación de mojado NTC dispositivos de medición de temperatura. Tiene una excelente calidad, rapidez de respuesta, la capacidad anti-interferencia y ventajas de rendimiento.

Los sensores cuentan con calibración extremadamente precisa de la cámara de humedad de calibración. Los coeficientes de calibración almacenados en la memoria de programa OTP, sensores internos para detectar señales en el proceso.

Modulo Relè

Es un dispositivo que consta de dos circuitos diferentes: un circuito electromagnético (electroimán) y un circuito de contactos, al cual aplicaremos el circuito que queremos controlar. (AUTOMATIZACION, 2014)

Ventilador

Es un instrumento o aparato que impulsa o remueve el aire en una habitación, también se llama ventilador a la abertura que se deja hacia el exterior de una habitación para que circule el aire. (AUTOMATIZACION, 2014)

Calefactor

El calefactor es un aparato, normalmente eléctrico, que proporciona a una estancia o recipiente un flujo rápido de aire caliente continuo mediante un radiador que genera una fuente de calor y un ventilador que calienta rápidamente el aire y lo transmite al lugar en que se encuentre. (AUTOMATIZACION, 2014)

Bomba de agua

Se denomina bomba de agua al dispositivo que consigue convertir la energía mecánica que posibilita su accionar en energía de un fluido incompresible que ella misma consigue desplazar. Cuando aumenta la energía del fluido (el agua), además logra incrementar su presión, su altura o su velocidad.

Electroválvula

Una electroválvula es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería. La válvula está controlada por una corriente eléctrica a través de una bobina solenoidal dependiendo de la función que va a realizar ya sea que esté cerrada y cuando reciba la señal a la solenoide abra durante unos segundos, o que esté abierta y cuando reciba la señal la solenoide corte el flujo. (AUTOMATIZACION, 2014)

Luminosidad

La luminosidad o brillo es la cantidad de luz emitida o reflejada por un objeto. Y en un color sería su claridad u oscuridad.

Pulsador

Un botón o pulsador es un dispositivo utilizado para activar alguna función. Los botones son de diversa forma y tamaño y se encuentran en todo tipo de dispositivos, aunque principalmente en aparatos eléctricos o electrónicos. Los botones son por lo general activados al ser pulsados, normalmente con un dedo mientras es accionado. Cuando ya no se actúa sobre él vuelve a su posición de reposo. (AUTOMATIZACION, 2014)

Teclado Matricial

Un teclado matricial es un simple arreglo de botones conectados en filas y columnas, de modo que se pueden leer varios botones con el mínimo número de pines requeridos. (AUTOMATIZACION, 2014)

9. HIPÓTESIS

La utilización de una cámara automatizada de germinación de cereales permitirá disminuir el tiempo de germinación sin alterar las condiciones físicas de las semillas.

Declaración de variables

Variable independiente

Cámara automatizada de germinación de cereales

Variable dependiente

El tiempo de germinación sin alterar las condiciones físicas de las semillas.

Operacionalización de las variables

La tabla 7 y tabla 8 muestran la operacionalización de variables, tanto la independiente como la dependiente; variables que encaminan el desarrollo técnico del proyecto de investigación; las variables parten del tema y la hipótesis propuesta.

Tabla 7: Operacionalización de la variable independiente

Variable Independiente	Conceptualización	Dimensión	Indicadores	Técnica o Instrumentos
Cámara automatizada de germinación de cereales.	Recuperar la actividad biológica de la semilla utilizando parámetros de temperatura y humedad sin alterar las condiciones físicas.	Cámara automatizada de germinación	Determinación de la iluminación en cada bandeja semillar.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Luxómetro. ▪ Termómetro. ▪ Observación. ▪ Computador.
			Determinación de la temperatura y humedad para las semillas de cereal	
			Determinación del sistema de riego	
		Software y hardware	Software de programación	
			OpenHardware	
			Programa de control	

Realizado por: Los Investigadores

Tabla 8: Operacionalización de la variable dependiente

Variable Dependiente	Conceptualización	Dimensión	Indicadores	Técnica o Instrumentos
El tiempo de germinación sin alterar las condiciones físicas de las semillas.	Es el proceso que administra, controla y regula de manera óptima la temperatura, humedad e iluminación para mejorar la germinación de una semilla de cereal.	Procesos de germinación eficientes	Sistema de germinación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Arduino ▪ Sensores ▪ Actuadores
			Sistema de riego y calefacción	
			Levantamiento de información agrotécnica	
		Regulación y control de temperatura, humedad e iluminación	Análisis botánico	
			Métricas de temperatura y humedad	
			Pruebas y verificación de errores	

Realizado por: Los Investigadores

10. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

En este numeral se describen los procesos para la ejecución del proyecto de investigación.

Metodología

En el proyecto de investigación se ha utilizado el método científico experimental, el cual nos permite controlar las variables de temperatura y humedad para mejorar y reducir el tiempo de germinación objeto del estudio así también se utiliza una investigación bibliográfica - documental ya que los temas fueron investigados por especificaciones técnicas. (Hernández, 2012)

Técnicas

La técnica que se utilizó es de medición en la cual se realizó las pruebas con distintas semillas para la germinación mediante parámetros de temperatura y humedad.

Instrumentos

Se utilizó instrumentos técnicos de medición como es el luxómetro y el termómetro para recolectar datos de condiciones de control, así también los softwares como son autocad para el diseño, dialux para el estudio lumino técnico y proteus para el diseño electrónico.

Diseño de la Càmara de germinación

Para la construcción de la cámara de germinación es necesario analizar algunos parámetros como son el material para la estructura, el sistema electrónico y eléctrico, el control de temperatura y humedad y el principio de funcionamiento del proceso de germinación.

Material para la estructura de la màquina

Los materiales elegidos para la construcción y montaje del germinador se adoptaron con el fin de proporcionar a la màquina un peso adecuado y que sea resistente al calor.

En la construcción de la cámara de germinación se utilizò 3 laminas de acero inoxidable de espesor de 0.8 mm. Ya que posee mayor dureza y resistencia a la corrosión. (Castilla, 2003)

Anàlisis de temperatura de la càmara de germinación

Para el análisis de temperaturas en las paredes del horno se considera un estado estacionario, ya que va existir un fluido caliente y uno frío, que circulan en el interior y en el exterior de las paredes de la càmara de germinación, para los cálculos se utilizaron las ecuaciones de los libros de transferencia de calor de Holman (1998) y Cengel & Boles (2012).

Para calcular las pèrdidas de calor se considera la conductividad del acero inoxidable utilizado para las paredes de la càmara asi también de la lana de vidrio que es el aislante colocado para el almacenamiento del calor.

Tabla 9: Propiedades de los materiales de las paredes de la càmara de germinación

Material	Densidad $\frac{Kg}{m^3}$	Conductividad tèrmica $\frac{W}{m^0 C}$	Calor específico $\frac{J}{kg^0 C}$
Acero Inoxidable	7850	58	460
Lana de vidrio	18	0.04	660

Realizado por: (J., 1998)

Càlculo de pèrdidas de calor

Para el càlculo se determinó la perdida de calor en las paredes de la cámara de germinación, por el método de transferencia de calor por convección esta se produce siempre que existe un gradiente térmico se utilizó la temperatura ambiente de la provincia de Cotopaxi ciudad de Latacunga y la temperatura máxima para la germinación.

Calculo del coeficiente del calor interno

Haciendo referencia a una temperatura interna aproximada y a la temperatura de salida se encuentra la temperatura media que existe en la pared del horno aplicando la ecuación (1), cuyas ecuaciones se encuentran en el libro de (Cengel & Boles, 2012)

$$T_m = \frac{T_{in} + T_s}{2} \quad [1]$$

Donde:

T_m = Temperatura media [°C]

T_{in} = Temperatura interna [°C]

T_s = Temperatura de salida [°C]

Pèrdidas de calor a través de las paredes de la cámara de germinación

Para el siguiente càlculo se toman los espesores de las paredes de la cámara de germinación y su conductividad térmica.

Tabla 10: Datos de espesores de las paredes de la cámara de germinación

Denominación de Variables	Valor	Unidades
X_1	0,07	[m]
X_2	0,02	[m]

X_3	0,07	[m]
K_1	58	$\left[\frac{W}{m.k}\right]$
K_2	0,04	$\left[\frac{W}{m.k}\right]$
K_3	58	$\left[\frac{W}{m.k}\right]$

Realizado por: Los Investigadores

$$q = \frac{T_{in} - T_{\alpha}}{\frac{1}{H_{in} A} + \frac{X_1}{K_1 A} + \frac{X_2}{K_2 A} + \frac{X_3}{K_3 A} + \frac{1}{h_{\alpha} A}} \quad [2]$$

$q =$ Calor en las paredes del horno [W]

$T_{in} =$ Temperatura interna [°C]

$T_{\alpha} =$ Temperatura ambiente [°C]

$X_1 = X_3$ Espesor de las placas de acero [m]

$X_2 =$ Espesor de la lana de vidrio [m]

$K_1 = K_3$ Conductividad del acero $\left[\frac{W}{m.k}\right]$

$K_2 =$ Constante de conductividad de la lana de vidrio $\left[\frac{W}{m.k}\right]$

$A =$ Área de la pared lateral [m²]

$H_{in} =$ Coeficiente de transferencia de calor interno $\left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C}\right]$

Construcción de la cámara de germinación:

La cámara de germinación como usa una resistencia de calor, tiene que ser hermética como propósito de controlar de mejor manera las variables físicas. El factor hermético en la cámara germinadora está constituido por lana de vidrio, que recubre toda la estructura del germinador, la lana de vidrio tiene la propiedad de disipar el calor y evitar que las condiciones en el interior de cámara influyan en el proceso interior del sistema de control. La soldadura de la cámara de germinación está realizado de manera detallada y en puntos estratégicos para evitar cualquier riesgo a una posible avería del germinador.

El germinador está distribuido en tres cubículos donde cada de uno de ellos representa una cámara en la que se puede sembrar semillas para tener un control automático en el proceso de germinación de las semillas de cereales. (Castilla, 2003)

En el interior de la cámara de germinación, cada cubículo es independiente para el control de temperatura, humedad y luminosidad; los sensores en cada cámara controlan la temperatura y la humedad. En base ha este control se permite activar y desactivar actuadores, que para este caso es un ventilado, un termostato, una luz led para exteriores y una bomba empleada en el sistema de riego. (Castilla, 2003)

El germinador a más de las puertas para manipulación de los alveolos, necesita tener vidrios resistentes al calor, para poder visualizar el proceso de germinación; una vez terminado el proceso. El operario del germinador tendrá que retirar las bandejas y transplantar las plántulas, en el lugar específico para el futuro crecimiento de dicha planta. Uno de los aspectos más importantes del desarrollo del proyecto de investigación es la recepción de medidas por parte de los sensores.

Se justifica el uso de lana de vidrio en la estructura del Germinador a razón de ser una medida de seguridad industrial para el operador de la cámara y para la hermeticidad del calor producido por el módulo de calefacción. La lana de vidrio esta ubicada en casi toda la estructura de construcción de la cámara en su paredes y dobleces, esta lana de vidrio ayudará a mantener el calor dentro de cada cámara para evitar que se expanda a la paredes exteriores, evitando así que se sobrecaliente to la estructura de la cámara, esto forma parte de la hermeticidad que se busca en la cámara de germinación y sirve como medida de protección ante cualquier

sobrecalentamiento. La lana de vidrio está en un espesor de 2,1 cm pegada en las paredes del Germinador, en aproximadamente el 60% de la estructura de la cámara de germinación.

Diseño de hardware de la cámara de germinación

El diseño de hardware de la cámara de germinación está enfocado en un aspecto general y detallado para su posterior implementación.

Debido a que el proyecto de investigación corresponde a un sistema de control, donde se encuentran unas entradas, unos procesos a esas entradas y una salida final a este proceso, la cual será la acción del sistema para mantener o controlar una variable dentro del umbral requerido, se utilizará el esquema entrada, proceso, salida; como se muestra en la figura 4. (Hernanz, 2014)

Figura 4: Diagrama general de un sistema de control



Fuente: (Hernanz, 2014).

En este apartado numeral de proyecto de investigación, se describe reducidas características sobre las alternativas de entradas, proceso y salidas que están en expectativas para el diseño e implementación de la cámara Germinadora.

Entradas:

Este proyecto tiene como entradas las mediciones tomadas por los sensores, dado que las variables a medir y controlar son las de temperatura, humedad y luminosidad. Es por la característica de los sensores de imitar ciertas capacidades de percepción del ser humano que se decide la utilización de estos en la implementación del prototipo, así de esta manera se pueden seguir midiendo las mismas variables del entorno agrícola como lo hacen los agricultores pero con elementos que garanticen más precisión. (Hernanz, 2014)

Un sistema de control está constituido como lo menciona el autor por el conjunto de entradas y salidas, además del procesado. En el germinador se tiene dos variables de entra, los mismos que son la temperatura y la humedad, factores preponderantes en la ejecución del prototipo. El

módulo Arduino es la unidad principal para el procesado de la información recibida del sensado. (Hernanz, 2014)

Como investigadores se puede acentuar el criterio de sistema de variables a la cámara de germinación, porque la cámara de germinación se convierte en un sistema con variables a controlar, a su vez, debido al control de variables, obtendrán variables resultantes a la salida del sistema de control, salidas con las cuales se podrá dar inicio a la activación de actuadores como ventiladores, focos, termostatos, etc.

Entre los periféricos en expectativa más utilizados para la creación de invernaderos, incubadoras, refrigerantes o cámaras de germinación, con la que se puede controlar las variables físicas de temperatura, humedad y luminosidad se encuentran detallados los siguientes componentes con sus características. Se hace una descripción de estos materiales como una inducción selectiva a los componentes reales que se emplearán en el prototipo Germinador producto de este Proyecto de Investigación, cabe recalcar que los materiales utilizados para el monitoreo de las variables físicas dentro de la cámara de germinación están orientados a una alimentación de corriente alterna en la parte eléctrica del sistema y los elementos de control están enfocados en la alimentación de corriente continua del sistema; por tal razón se trabajará con los dos tipos de energía eléctrica.

Sensor de temperatura

Se utilizará un módulo sensor de temperatura, consta de un regulador mecánico de sensibilidad. Con este módulo se podrá controlar la temperatura del ambiente dentro de la cámara de germinación, se establecerá un valor de temperatura de 30 grados celsius como máximo permitido, un valor mayor a 30 grados celsius activarán el par de ventiladores que bajarán la temperatura en 3 minutos aproximadamente. La figura 13 muestra el módulo relé para control de actuadores. (Sánchez, 2012)

Figura 5: Módulo relé para control de actuadores



Realizado por: (Sánchez, 2012)

Las especificaciones del sensor de temperatura serán:

- Vcc: Entrada de 5V.
- Gnd: Tierra (0V).
- AO: Salida analógica.
- AD: Salida digital.

El sensor que propone el autor es muy efectivo en el cumplimiento de su funcionalidad, pero como investigadores se está orientado, en la búsqueda de un sensor que permita monitorear tanto la temperatura y la humedad en un solo proceso de sensado; en primer lugar por el ahorro económico y en segunda instancia por el sensado eficiente de la temperatura y la humedad, para beneficio de los procesos biológicos de las semillas, los mismos que ameritan un monitoreo de métricas fehacientes.

Sensor de Humedad

Se utilizará como sensor de humedad el módulo HL-69, Aplicando una pequeña tensión entre los terminales del módulo, este proceso hace pasar una corriente que depende básicamente de la resistencia que se genera debido al suelo y esta depende mucho de la humedad. Por lo tanto al aumentar la corriente crece y al disminuir la humedad, la corriente disminuye. La figura 14 muestra el sensor de humedad con el módulo HL-69. (AUTOMATIZACION, 2014)

Figura 6: Sensor de humedad el módulo HL-69



Realizado por: (AUTOMATIZACION, 2014)

Posee dos tipos de salidas, una analógica y una digital. La salida digital entregará un pulso bajo cuando haya conductividad suficiente entre cada una de las puntas.

El umbral de disparo se puede establecer moviendo el potenciómetro del circuito de control.

En la salida analógica el nivel de voltaje dependerá directamente de cuanta humedad haya en el suelo. Es decir, dependiendo de cuanta conductividad (producto del agua en el suelo) haya entre las puntas del módulo, así variará el valor entregado por Arduino (entre 0 y 1023). (AUTOMATIZACION, 2014)

Debido a que la humedad óptima de las semillas de cereales sembradas debe de estar por arriba del 50% de humedad, esto significa que el controlador "Arduino" a través de su programa activará la bomba de irrigación cada vez que el sensor mida un valor de humedad por debajo del 50%. (AUTOMATIZACION, 2014)

El autor propone un sensor de humedad muy utilizado en el mercado electrónico, pero que propone la solución de dos variables al mismo tiempo como es el caso de la humedad y la temperatura; el sensor que cumple con las características para el cumplimiento de un sensor óptimo de dos variables a la vez, es el DHT11.

Procesos:

En la parte de procesos se tratará la parte del controlador, este se encarga de recibir las señales de los sensores y con base en su lógica y/o programación emitirá una señal de respuesta hacia los actuadores para reaccionar ante los cambios en las variables medidas. (Servers, 2014)

Al indagar en los elementos de control de procesos para automatización, es indispensable realizar un análisis que permita reconocer las características de los equipos o componentes en dicho sistema de control, con el propósito de cualificar la mejor alternativa para la utilidad en la construcción de la cámara de germinación de cereales.

En este apartado del proyecto de investigación se describirá las mejores alternativas para el control de procesos y de ellas se seleccionará una que esta enfocada en los requisitos que busca el Germinador; entre las cuales destacan:

Bajo coste, alta velocidad, excelente rendimiento, ergonomía, fácil programación y aprendizaje, además de tener portabilidad y ocupar poco espacio.

Arduino

Este dispositivo tiene muchas variedades en cuanto a su hardware, para esta ocasión se usará el Arduino Uno, por la facilidad que ofrecen al tener las entradas y salidas integradas al procesador y la fuente, permitiendo que el trabajo sea dedicado al código y no a la interconexión. (Herredor, 2009)

En cuanto a Arduino se tiene la opción de programar con lenguaje C y no se requiere instalar un sistema operativo para ponerlo a funcionar, lo cual lo hace más eficiente en cuanto al elemento anterior. También se observa la ventaja de su bajo consumo de energía con respecto al PLC, su tamaño y el beneficio de tener unas entradas o salidas con PWM (Modulación por ancho de pulso). La figura 7 muestra una imagen del Arduino Uno. Herredor, 2009)

Figura 7: Arduino UNO



Realizado por: (Herredor, 2009).

La tarjeta concentradora Arduino es la mejor opción para el diseño del sistema de control de la cámara germinadora, por múltiples razones de las cuales destacan la posibilidad de adquirir valores métricos de temperatura y humedad con el sensor DHT11, tener un lenguaje de programación intuitivo para el usuario, controladores de la placa de rápida instalación y de múltiple plataforma, al contrario con Raspberry PI que es netamente en Linux. Arduino dispone de varios módulos compatibles para trabajar con los cuales se pueden construir sistemas embebidos.

Para la cámara de germinación se utilizará el Arduino Uno con el cuál se adquirirán las variables de temperatura y humedad por medio del sensor, y controlarlas dentro de la programación y poder reflejar los resultados en una LCD, el sistema operará con un voltaje eléctrico de 110 V a 60 Hz y con una tensión continua de 5 V DC para la parte de control electrónico. Otras de las características que hacen la mejor alternativa a la tarjeta concentradora Arduino son la facilidad de desarrollar elementos interactivos y la posibilidad de comenzar a utilizar Arduino sin

conocimientos previos sobre electrónica o programación. Arduino otorga un suceso eficaz de manejar motores, encender y apagar luminarias, actuar sobresensores, y crear programas de computadora para interactuar con el sistema.

Arduino se basa en una plataforma denominada open hardware que reúne en una pequeña placa de circuito impreso (PCB) los componentes necesarios para conectar con el mundo exterior y hacer funcionar un microcontrolador Atmega. Actualmente hay varios modelos de sistemas Arduino que van cambiando de microcontrolador, siendo los primeros el Atmega8 y el Atmega168. Al ser Open-Hardware, tanto su diseño como su distribución son libres. Es decir, puede utilizarse sin inconvenientes para desarrollar cualquier tipo de proyecto sin tener que adquirir ningún tipo de licencia.

Arduino también puede funcionar como un controlador lógico programable, conectándole las interfaces adecuadas para las entradas y salidas (E/S). Arduino es una especie de controlador programable universal, aunque sólo es el “núcleo” y, en cualquier caso, se ha construido para aplicaciones generales; con un poco de hardware externo (esencialmente las interfaces capaces de transferir las señales de los sensores hacia los actuadores, reduciendo la interferencia electromagnética que puede dañar el microcontrolador) y un software adecuado puede, sin embargo, convertirse en algo muy similar a un PLC.

Salidas:

Debido a que el prototipo de automatización se realizará sobre una cámara de germinación que cultiva cereales, se planean las siguientes de salidas con base en la idea planteada. (Torrente, 2013)

Otros de los periféricos de proceso selectivo para la implantación el Germinador es el ventilador, en el mercado existe una diversidad de ventiladores pero que no satisfacen las características de la cámara de germinación, por ende es necesario una descripción cualitativa del ventilador empleado en casi todos los procesos de control de temperatura ya sea para invernaderos, incubadoras, refrigerantes y cámaras de germinación. En primera instancia se propuso el uso de un ventilador de corriente continua para el proceso de enfriamiento de la cámara de germinación, pero la fuerza de ventilado que ofrece no satisface el entorno de aire que circunda alrededor de toda la cámara, es decir; el centro de la cámara tiene más presencia

de viento que de aire, como no ocurre en las partes laterales de dicha cámara. En los siguientes apartados de proyecto de investigación se analizará cada uno de los elementos que cumplen la función de salidas, para finalmente, una vez revisadas las características; imprimir los materiales y componentes utilizados en la construcción del Germinador fruto de esta investigación.

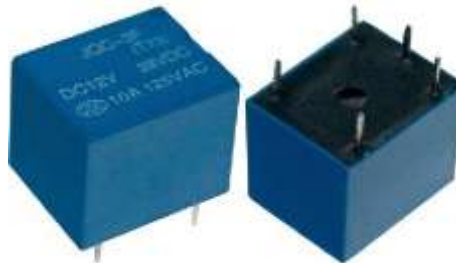
Relé

Un relé o relevador es un interruptor automático accionado eléctricamente, utilizando una bobina, la cual genera un campo electromagnético y este abre o cierra una serie de contactos metálicos.

La bobina puede ser controlada desde los 5 voltios hasta 120 voltios en los relés industriales.

Estos dispositivos son muy útiles ya que permiten controlar altos voltajes en sus contactos (de 12V a 220V), utilizando 5 voltios en la bobina; en el caso del proyecto de investigación la bomba de agua y los ventiladores trabajan a 110V y el controlador (Arduino) trabaja con 5V, por lo que se necesitará alimentación de corriente continua y alterna; para el control y para los actuadores. La figura 8 muestra una imagen de un relé. (Herredor, 2009)

Figura 8: Relé



Realizado por: (Herredor, 2009)

La especificación de uno de los relés utilizados, serán:

- Voltaje de control: 5 V
- Voltaje de potencia: 110 V
- Corriente de potencia: 10 A.

Al utilizar la tarjeta concentradora Arduino Uno, es lógico emplear un módulo relé para el control de los actuadores como son: los ventiladores, la iluminación y las resistencias térmicas, además de la bomba de agua de 0,5 HP.

Implementación de la cámara de germinación

En el presente numeral del proyecto de investigación se hace una síntesis de los elementos utilizados. (Rivera, 2016)

Diseño

El presente apartado del proyecto de investigación indaga en las especificaciones minuciosas del diseño y la construcción de la cámara de germinación.

Plano Mecánico

El diseño del proyecto es un modelo basado en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC 2015) Reglamento Técnico Ecuatoriano de “Diseño, fabricación y montaje de estructuras de acero” adaptada al control de las variables agroambientales de humedad, temperatura, luminosidad; además con la acoplación del un sistema de riego de agua, el mismo que es activado en respuesta a las condiciones de temperatura y humedad, el germinador permite, al tener una infraestructura bastante amplia el sistema de control es más efectivo al controlar en bandejas, las semillas de cereales sembradas en los respectivos alveolos. El plano de la maqueta se puede visualizar en el ANEXO E.

Para lo cual escogimos 3 planchas en acero inoxidable de espesor 0.07 (m), de ancho 1,22 (m); de largo 2.44 (m) y su peso aproximado de 16.35 (kg) por lo cual dicho material es suficiente para resistir la carga empleada mediante la (Ec.1) lo cual podemos visualizar en el ANEXO E.

La resistencia verdadera de la estructura debe exeder a la resistencia requerida a lo que llamamos factor de seguridad (n)

$$n = \frac{\text{resistencia verdadera}}{\text{resistencia requerida}} \quad 1,0 \leq n \leq 10 \quad [3]$$

Por lo cual teniendo en cuenta los diversos factores de diseño y construcción procedemos al ensamble de los materiales como se puede observar en el ANEXO E.

Procedemos al corte como se indica en el ANEXO F foto numero 1 y al ensamble del tol lateral externo unido al tol superior externo e interno como se muestra en el ANEXO E plano número 1,2 y 4 en las paredes utilizamos como aislante térmico lana de vidrio suficiente para resistir

la temperatura empleada en el proceso, su estructura esta conformada por largas y finas fibras de vidrio ligadas con una resina térmicamente fraguada para formar una frazada aislante, de peso liviano y flexible.

Las frazadas son de 2.40 m de largo por 1.2m de ancho así también con el tol de tapa frontal visualizado en el ANEXO E plano numero 6, seguidamente ensamblamos el tol inferior en cada cámara como se muestra en el plano numero 7, finalmente se monta el tol frontal en cada cámara que seria la puerta de ingreso como se muestra en el ANEXO E plano numero 8.

Seguidamente de esto se procede al montaje de cuatro tubos de soporte y ruedas en la parte inferior de la tercera cámara como se muestra el ANEXO E el plano numero 17 y 20 para que exista una correcta movilidad de la maquina. Luego en la parte inferior general de la cámara montamos un tanque de desechos general el mismo que va estar enfatizado para las tres cámaras. como se muestra en el ANEXO E plano número 18 en la parte trasera general existe el deposito de agua el cual abastecerá a la bomba de agua como se muestra en el ANEXO E plano numero 19. Finalmente se puede visualizar en su totalidad el diseño general mecánico en el ANEXO E plano numero 20.

Considerando estos datos, se puede generar información adicional y sabiendo que las semillas de cereales se deben mantener a un rango de temperatura óptima por encima de los 10 °C, se deben considerar muy sensibles, ya que sus órganos pueden sufrir congelamientos temporarios y posterior pérdida por putrefacción o deshidratación, en cualquier momento de la etapa reproductiva.

Todos estos factores se deben adaptar al diseño y construcción de la cámara de germinación automatizada para cultivo de semillas de cereales.

Para no tener errores de diseño que tengan altísimos niveles de humedad relativa que contribuyan al desarrollo de plagas y enfermedades, lo cual induce a aplicar agroquímicos, decisión que eleva los costos de operación y que reduce la calidad de las plántulas.

Otros aspectos, importantes en una cámara de germinación, que son ignorados debido a la improvisación, están relacionados con la ventilación. En el diseño del germinador debe ser importante la altura tanto mínima como máxima con el fin de que exista el aire requerido por las plantas y exista una buena circulación que permita la renovación del aire.

Si las condiciones climáticas en el germinador son desproporcionales a la germinación biológica de la semilla de cereal, las variables temperatura, luminosidad y humedad relativa ambiente se controlarán a través de un sistema de ventilación autónomo, con el fin de ambientar en el menor tiempo posible, cada vez que el cultivo lo requiera.

Por estas razones se hace muy importante la perfecta ubicación de los sensores electrónicos para arrojar las mejores lecturas y tener una perfecta automatización, ya que de ellas depende la viabilidad de las plántulas de cereales. La posición y la ubicación de los sensores están relacionadas con las dimensiones de la cámara de germinación automatizada, por lo que se debe asegurar que las mediciones registradas sean representativas del ambiente.

Además de considerar los requerimientos de luz, temperatura, de humedad y de ventilación, resulta muy importante analizar el fotoperíodo de las semillas que van a germinarse en la cámara. El fotoperíodo es la cantidad de horas luz plena diaria (duración del día), principal responsable de la inducción fotoperíodo pero es recomendable una exposición cercana a las 8 horas de luz/día y máximos superiores a las 16 horas de luz/día.

Seguidamente procedemos al ensamble de las resistencias (calefactoras) mediante soportes en cada cámara ubicadas en la parte inferior de las mismas las cuales nos ayudarán abastecer la temperatura deseada para dicho sistema.

Luego procedemos al montaje de los ventiladores los cuales van en la parte superior frontal trasera, en el centro de cada cámara para que exista el suficiente recorrido de aire en el ambiente cuando sea necesario como podemos visualizar en el ANEXO E plano número 16 tol para espaldar interno de la misma manera se procede hacer unas perforaciones en la parte inferior interna las mismas que van ayudar a que exista circulación de aire ambiente.

También procedemos al montaje del tol para el desague de las impurezas situadas del proceso que se obtiene como se muestra en el ANEXO E plano número 13.

Seguido procedemos al montaje del soporte para la parrilla en los extremos de cada cámara con Acero ASTM A36 para las bandejas de las semillas y la parrilla de soporte como se muestra en el anexo E plano número 12 y 13.

Así también procedemos a la instalación de la luminaria y el nebulizador por ende estos dos factores están situados en el parte superior del centro de la cámara para que exista una correcta distribución de la luminaria y el regadío para todos como podemos visualizar en el ANEXO F foto número 6.

Luego colocamos en cada cámara el sensor de temperatura y humedad de forma uniforme el mismo que nos da la señal para controlar los parámetros necesarios para el proceso.

Luego procedemos a la instalación de la tubería en la parte trasera general la cual abastecerá del líquido a las semillas mediante la bomba de ½ HP y con su respectivo desague de impurezas visualizado en el ANEXO F, foto número 7.

Plano del circuito electrónico

En esta parte se requiere un diseño que sea relativamente independiente y al mismo tiempo compacto, es decir, se piensa en un diseño independiente por cada subsistema (temperatura, humedad y luminosidad).

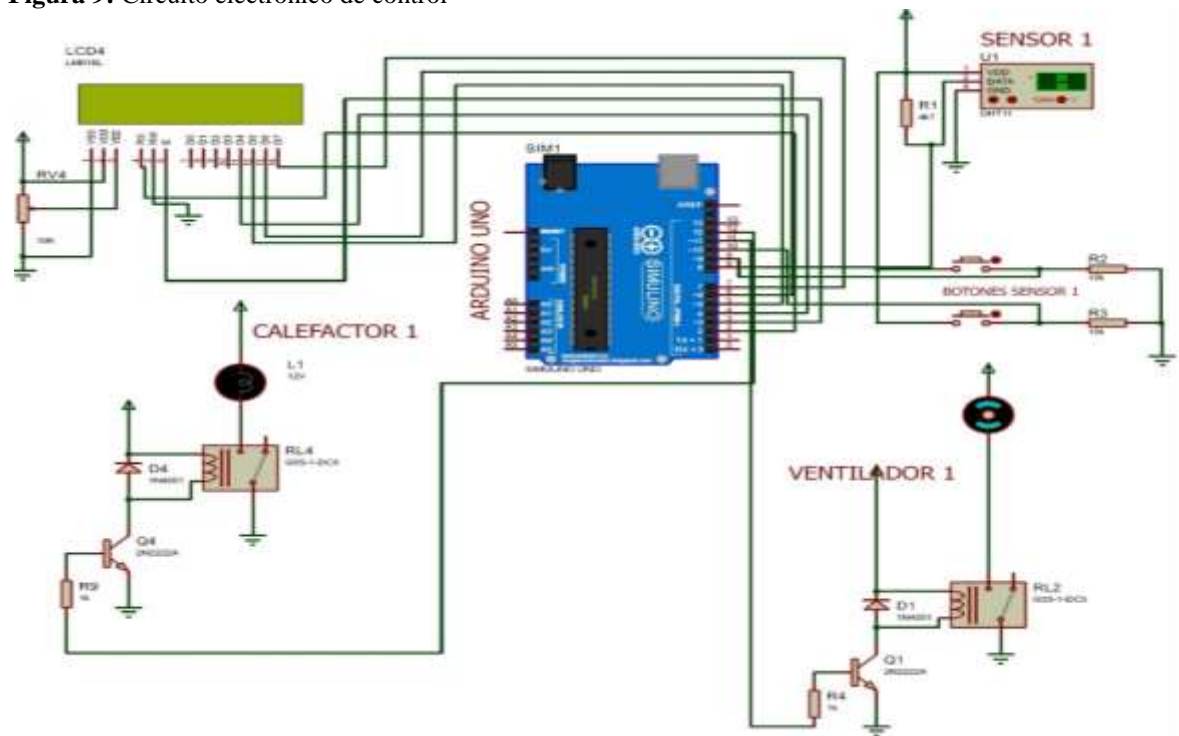
Por lo cual hemos utilizado proteus de tal manera que si uno de estos presenta alguna falla bien sea física, lógica o de configuración no afecte a los demás subsistemas ni al circuito en general.

De esta manera se conserva la característica de crear un sistema modular y escalable y permite realizar cambios, mantenimientos, reconfiguraciones y recalibraciones de manera más fácil y rápida.

Sin embargo, también se requiere que el circuito sea compacto y convergente en el punto de control, debe ser compacto por tamaño para lograr que todo el sistema se encuentre en un mismo punto, que si dado el caso; se necesita sea manipulado.

Se pueda hacer una sola persona en un mismo punto. Siendo así solo los sensores y los actuadores estarán distantes del circuito principal puesto que estos se requieren en sitio de medida o de respuesta de los elementos. La figura 9 muestra el circuito electrónico de control.

Figura 9: Circuito electrónico de control



Realizado por: Los Investigadores

Descripción Electrónica

El diseño de la Germinadora está constituido como un sistema de control, en el cual el “cerebro” de procesamiento es una tarjeta concentradora OpenHardware Arduino Uno. El uso del módulo Arduino constituye la portabilidad y ergonomía del procesamiento de los datos recibidos por el sensor de temperatura y humedad DHT11, el mismo que es el “fiscalizador” de los procesos que ejecutan los actuadores a partir de los relés. Por esta razón la descripción electrónica del diseño de la cámara Germinadora inicia con el sensor DHT11 el mismo que obtiene las métricas de humedad y temperatura cada dos segundos, parámetros necesarios para activar los relés de cada carga; es decir, si la temperatura ($>30\text{ }^{\circ}\text{C}$) y la humedad ($>60\%$) son excesivas dentro del Germinador, Arduino envía una señal de activación en los pines 11 y 12 a los relés 2 y 3 respectivamente para que entre en funcionamiento el ventilador y el calentador para que exista un secado del ambiente artificial en el Germinador.

La salida 13 y 14 de Arduino organiza la activación de los relés 4 y 5 establecidos como punto de control del sistema de riego por nebulización. El sistema de control también utiliza un LCD de 16x2 para visualizar el control de cada variable sensada.

En este caso la humedad y la temperatura; el LCD trabaja con un módulo I2C el mismo que realiza multiplexado de datos de ingreso al LCD permitiendo un ahorro de pines en la tarjeta

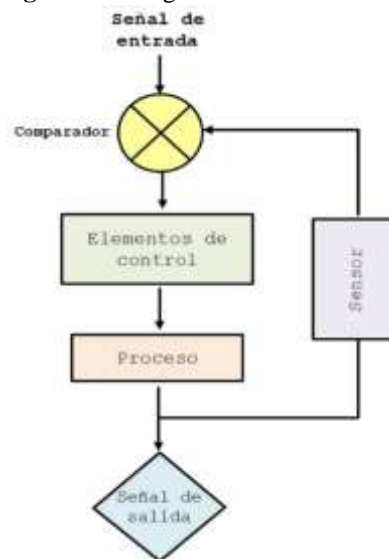
concentradora, a su vez estabilizando la visualización de los caracteres en el LCD. Para el parámetro de manipulación de los datos de ingreso, se utiliza un teclado matricial 4x4 con el cual se puede digitar la temperatura y la humedad deseada para el control al interior de la cámara, este teclado están conectados como entradas en los pines 2 al 9 del Arduino. Para establecer una medida de seguridad en el Germinador se utilizaron tres Arduinos, dándole la independencia necesaria a la cámara para trabajar con tres tipos de semillas de cereales y no necesariamente solo se tenga que regir al control de un solo valor de humedad o temperatura. Además, se colocó pulsadores de reinicio del sistema para cada Arduino de control, interruptores que controlan la luminaria de manera manual con el cuál se le puede someter a las semillas a los niveles de luminosidad para su beneficio. La alimentación de las tarjetas concentradoras está diseñado con el uso de un transformador que regula los 110 V de corriente alterna a 5 V de corriente continua con la estabilización de la intensidad, que está en un valor equitativo para las tres placas; de 1,5 A necesarias para satisfacer el buen funcionamiento tanto de los módulos relés de dos canales, así como las propias tarjetas Arduino, el sensor DHT11, la LCD de 16x2, el módulo I2C y el teclado matricial 4x4. Las tres electroválvulas normalmente cerradas trabajan con un voltaje de 12 V DC, el mismo que es satisfecho por otro transformador de iguales condiciones que el de 5 V DC. Como se muestra en el ANEXO D número 2.

Algoritmo de control

Además de los materiales estructurales del germinador para generar las condiciones ambientales óptimas, se debe tener en cuenta las variables físicas que se automatizarán como: humedad, temperatura, luminosidad, ventilación ambiental. Todas las variables se asociarán a los recursos disponibles tanto económicos como tecnológicos; para así llegar a controlar de manera eficaz y generar confiabilidad de funcionamiento. (Rivera, 2016)

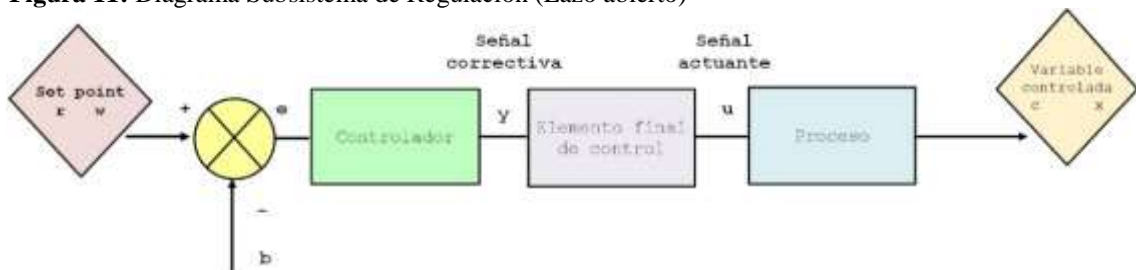
Se le dará el nombre de sistemas de control a las funciones que abarcarán las operaciones básicas de la automatización. Estas operaciones son la regulación y mando, que pueden ser subsistemas de un sistema más amplio del cual forman parte. (Rivera, 2016)

Subsistema de regulación: Está directamente relacionado con las variables físicas en el tema de control automático, quiere decir que existe un sistema de lazo cerrado en el sistema de control; es decir, se comparan las variables de salida y de entrada. La figura 10 muestra el diagrama subsistema de regulación (lazo cerrado). (Torrente, 2013)

Figura 10: Diagrama Subsistema de Regulación (Lazo cerrado)

Realizado por: (Torrente, 2013)

El subsistema de regulación realiza una comparación entre el valor real de la magnitud de la variable física de salida con el valor que se le asignó en el comparador haciendo uso de un lazo cerrado, y luego modifica la magnitud regulada cuando existe desviación. Así pues el regulador se fija en la desviación del sistema y cuando es distinta de cero una vez las lecturas de salida se alejan del valor específico. A esta realimentación negativa se le llama lazo cerrado. Caso contrario sucede con los sistemas de control de lazo abierto que son aquellos en los que la única señal que ejerce una acción de control sobre el sistema, es la que entra a él (señal de referencia); en estos casos, la salida no actúa sobre la entrada, es decir la salida no influye en la acción de control. La figura 11 muestra el diagrama de subsistema de regulación (lazo abierto).

Figura 11: Diagrama Subsistema de Regulación (Lazo abierto)

Realizado por: (Torrente, 2013)

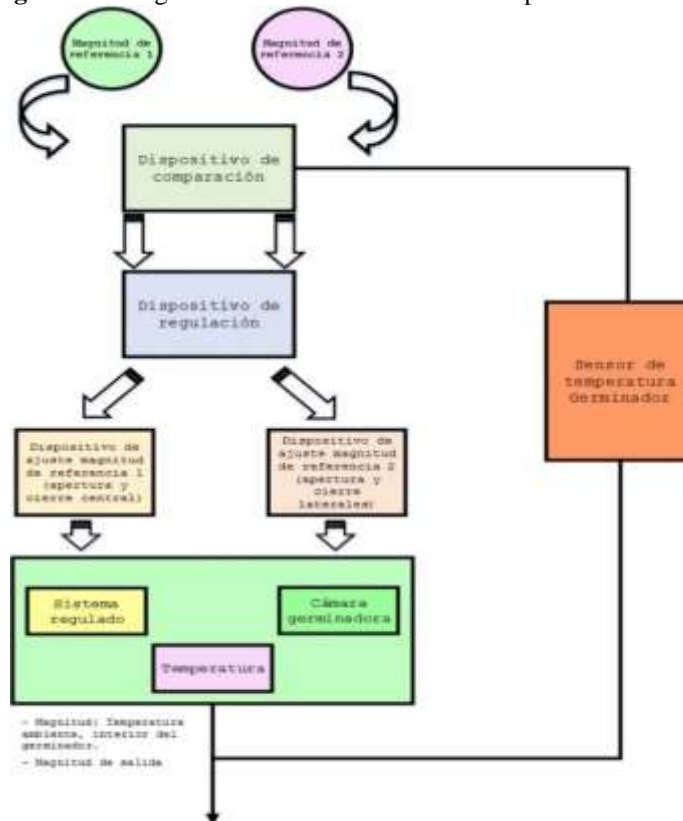
En el caso de la germinación de cereales se propone como recurso tecnológico subsistemas de control para: temperatura, humedad e iluminación artificial.

Subsistema de control temperatura

Es el mecanismo encargado de controlar las altas temperaturas dentro de la cámara de germinación, se fija si la temperatura se incrementa para así enviar señales a los actuadores con el fin de restablecer los niveles adecuados para el prototipo. Se realizarán los correctivos de temperatura empleando ventiladores, cuando se sobrepase el nivel de temperatura adecuada de 30 °C. Se realizará el procedimiento de cerrado cuando los valores de temperatura se restablecen. (AOSONG, 2015)

En el subsistema de control, la medición de salida es el dato de temperatura dentro de la cámara de germinación, esta lectura va al dispositivo de regulación donde pasa a ser comparada con el valor preestablecido y cuando este valor es superado por la magnitud de salida se crea una desviación que actuará en el dispositivo de ajuste para actuar y ajustar nuevamente la temperatura. Igual sucederá con la magnitud mínima prefijada que es de 10 °C, los dispositivos reguladores emiten la señal que se desvía y actúa sobre los dispositivos de ajuste sobre la referencia indicada. La figura 12 muestra el diagrama subsistema control de temperatura. (AOSONG, 2015)

Figura 12: Diagrama Subsistema Control de Temperatura



Realizado por: (AOSONG, 2015)

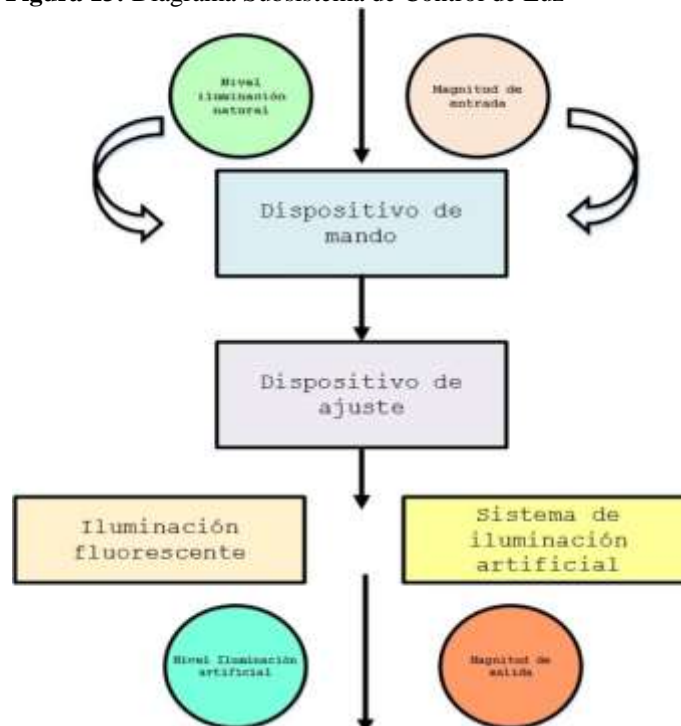
Subsistema de control de humedad

La cámara de germinación automatizada para cultivo de semillas de cereales cuenta, con un segundo subsistema, el subsistema de control de humedad. Este está destinado a mantener la humedad ambiente en el interior del germinador dentro de parámetros prefijados de las semillas de cereales entre 65% y 75%. Para ello, el subsistema de control encienden los dispositivos ventiladores con el fin de regular la humedad. Este subsistema se parece al de temperatura, pero solo toma la señal de salida prefijada y no toma un rango. (AUTOMATIZACION, 2014)

Subsistema de control de luz

La cámara de germinación automatizada para semillas de cereales también cuenta con un subsistema de control de luz artificial, destinada al suministro de iluminación artificial a los cultivos. Este se logra con encendido y posterior apagado de iluminación dentro del germinador. La figura 13 muestra el diagrama subsistema de control de luz. (AUTOMATIZACION, 2014)

Figura 13: Diagrama Subsistema de Control de Luz



Realizado por: (AUTOMATIZACION, 2014)

La magnitud de entrada actúa sobre el dispositivo de mando, un sensor DHT11. Este sensor, a través del Arduino produce el accionamiento de un relé que efectúa el encendido o apagado de

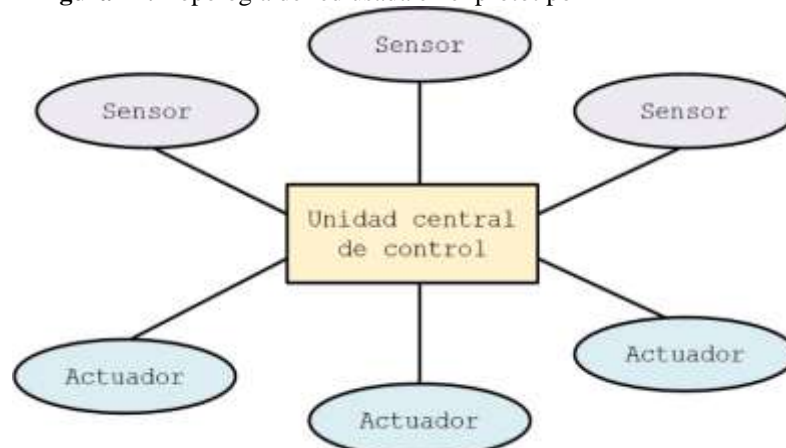
la iluminación del sistema en el interior del germinador automatizado para cultivo de cereales. (AUTOMATIZACION, 2014)

Se puede decir que este subsistema de iluminación artificial es de realimentación negativa ya que, cuando baja el nivel de iluminación natural, se enciende la luz interna del germinador (iluminación artificial) y viceversa. (AUTOMATIZACION, 2014)

Topología de Red

Este proyecto presenta una topología de red tipo estrella, en esta topología todos los elementos se encuentran interconectados al controlador, partiendo desde los sensores que le llevan las medidas tomadas en el entorno en forma de señales eléctricas, pasando por los actuadores los cuales reciben la señal del controlador para poder efectuar su acción de control, encendiendo las luces cuando el cultivo requiera más luz, o activando los ventiladores que permitan el flujo de aire para disminuir la temperatura del ambiente. La figura 14 muestra la topología de red usada en el prototipo. (Muñoz, Núñez, 2014)

Figura 14: Topología de red usada en el prototipo



Realizado por: (Muñoz, Núñez, 2014).

Para esta implementación se optó por esta topología de red principalmente por tres características, es muy práctica, muy económica y fácil de implementar. Si se revisa a fondo, es una topología de red muy básica y que si bien puede ser “frágil” al tener un punto de convergencia y por ende un principal punto de falla; sin embargo, las características anteriormente mencionadas hacen fácil el manejo y la comprensión para las personas que no están familiarizadas con este entorno, principalmente los agricultores; permitiéndoles dedicarse

a sus asuntos y sus actividades cotidianas entendiendo superficialmente la interconexión entre los elementos del sistema. (Muñoz, Núñez, 2014)

Diseño de software de la cámara de germinación

El código consta de 3 partes importantes, las cuales son: (Herredor, 2009)

```
int valor;
int valor1;
int valor2;
int i=0;
float valor3;
float pendiente=-0.3287;
float b=304;
float y;
int c=0;
int i1=0;
void setup(){
  Serial.begin(9600);
  pinMode(9,OUTPUT);
  pinMode(10,OUTPUT);
  digitalWrite(10,HIGH);
}
```

Parte #1: Esta parte del código consiste en definir todas las variables que se utilizarán, esta parte es importante debido a que en este tipo de código si no se define una variable el programa no va a compilar. Además se programa el void setup() que es la parte del código que solo se reproduce una vez y sirve para inicializar la función print y definir los pines 9 y 10 como salidas, si no se hace esta parte el Arduino no hará salir los 5V por los pines cuando sea necesario. (Herredor, 2009)

```
void loop() {
  valor=analogRead(0);
  valor2=map(valor,150,1000,100,0);
  if(i==0){ valor1=map(valor,150,1000,100,0);}
  else{valor1=100;
}
  if(valor1<40 && i==0){
  i=1;
}
  if(valor1<40 or i>0 && i<20){
  digitalWrite(10,HIGH);
}
  else{digitalWrite(10,HIGH);
}
  if(i>0 && i<30){
  i=i+1;
}
  else{i=0;}
```

Parte #2: En este segmento del código, lo primero que se hace es leer el valor que esta enviando el sensor de humedad, una vez leído debido a que el sensor de humedad manda valores entre 1023 y 2000, se utiliza la función map para convertir ese rango de valores a un rango entre 0 y 100, luego se utiliza un if solo para ver el estado del conteo, este conteo sirve para mantener el ventilador encendido por un tiempo sin usar un delay que afectaría las otras mediciones. Luego esta el if de control, que me dice que si la luz esta apagada y el valor de humedad es menor a 40% inicia el conteo en i=1, y este enciende la luz mientras i<20, y esto significa que la luz se activa durante 10 segundos, debido a que el delay del código está en 500 ms. (Herredor, 2009)

```

valor3=analogRead(1);
y=valor3*pendiente+b;
y=y;
if(y>30){
digitalWrite(11,LOW);
c=1;
}

if(c>=1){
c=1+c;
digitalWrite(11,LOW);
}

if(y<27){c=0;
digitalWrite(11,HIGH);
}
Serial.print("Temperatura= ");
Serial.print(y);
Serial.print("Humedad= ");
Serial.print(valor2);
delay(500);
}

```

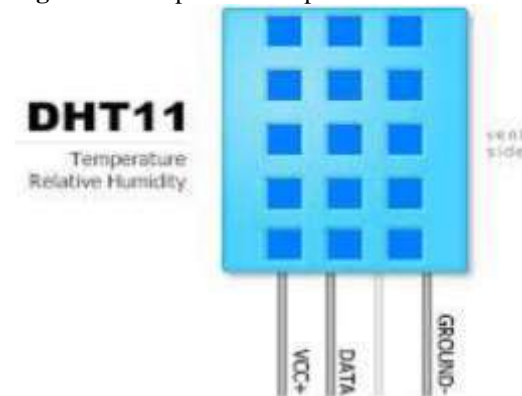
Parte #3: Esta parte del código esta relacionada con la temperatura y el sistema de ventilación, lo primero es tomar los datos que envía el sensor de temperatura en este caso es un sensor DHT11. Luego vienen las condiciones if, enciende el sistema de ventilación cuando la temperatura sube de 30 grados, y los otros dos solo son para retener el sistema encendido por un rango de temperaturas, al igual que funcionan los aires acondicionados. Por último se tiene los Serial.print, que colocan la temperatura y la humedad en la pantalla LCD, cada dos segundos como se puede observar en el Anexo C. (Herredor, 2009)

Sensor de temperatura y humedad ambiental

Los sensores de temperatura calculan la variación temperatura en el aire, y los sensores de humedad hacen lo mismo con la humedad en el aire. Por lo general estos sensores son utilizados de forma dual ya que la humedad no influye directamente en la adquisición de la temperatura. (Borja, 2011)

Sensor de temperatura y humedad (DHT11): Es un sensor dual de temperatura y humedad ambiental, dispone de una salida digital calibrada. Es compatible con diferentes tipos de tecnología como Arduino, PIC, AVR, COP, DSP, STM32, etc. La figura 15 muestra la disposición de pines del sensor. (Borja, 2011)

Figura 15: Disposición de pines sensor DHT11



Realizado por: (Borja, 2011).

Características:

- Corriente máxima de 2,5 mA cuando se realiza la conversión.
- Compatible con sistemas electrónicos, opera entre 3- 5V.
- Humedad relativa: 0%-90% ($\pm 5\%$).
- Temperatura: 0 °C- 50 °C (± 2 °C).
- Tiempo de respuesta: ~1 segundo
- 4 pines de conexión.

Iluminación LED

La eficiencia energética es una de las prioridades dentro del ahorro de energía, el lumen por vatio es un concepto de máxima eficiencia lumínica que caracteriza a las lámparas LED. (Castilla, 2003)

- Conceptos básicos de iluminación
- Potencia: consumo energético (W)
- Flujo luminoso: cantidad de luz percibida una fuente luminosa (lm).
- Eficacia lumínica: luz emitida vs consumo energético (lm/W).
- Iluminancia: mide la cantidad de flujo luminoso sobre una superficie. Se mide en lux (lx). 1 lux = 1 lumen/m².

La tabla 11 muestra la equivalencia entre lámparas incandescentes vs LED.

Tabla 11: Equivalencia aproximada entre lámparas incandescente vs LED

Valores en lúmenes (lm)	LED	Incandescentes	Halógenas	CFL y Fluorescentes
50/80	1,3	10
110/220	3,5	15	10	5
250/440				
550/650	9	40	35	9
650/800	11	60	50	11
800/1500	15	75	70	18
1600/1800	18	100	100	20
2500/2600	25	150	150	30
2600/2800	30	200	200	40

Realizado por: (Castilla, 2003)

Arduino Uno R3

Es un dispositivo electrónico en donde se integra un micro controlador ATmega328 con todos los componentes necesarios para que entre en funcionamiento, la programación se realiza al conectar el dispositivo a un ordenador mediante un cable USB y entra en funcionamiento independiente con una fuente de poder externa entre 7 V CD y 12 V CD. En la tabla 12 se aprecian las características del Arduino Uno.

Tabla 12: Características Arduino UNO R3

Elemento	Especificación
Microcontrolador	Atmega328
V Op.	5V
V in (Recomendado)	7-12 V
V in (límite)	6-20V
I/O digital	14(6 PWM)
In analógica	6
C.C. I/O	40 mA
C.C. pin 3.3 V	50 mA

Memoria Flash	32 Kb (arranque 0,5 Kb)
SRAM	2 Kb
EEPROM	1 Kb
Frecuencia de reloj	16 MHz

Realizado por: (Muñoz, Núñez, 2014)

Módulo de relés de cuatro canales

La figura 16 presenta un módulo de relés de cuatro canales, estos son elementos que acoplan cargas de diferentes potencias, estos aíslan las señales de control (baja potencia con la etapa de carga (alta potencia). (Muñoz, Núñez, 2014)

Figura 16: Módulo relé de cuatro canales



Realizado por: (Muñoz, Núñez, 2014)

Las entradas de baja potencia están completamente aisladas por opto acopladores que minimizan el ruido generado por la conmutación electromecánica de los relés al activar una carga. Las señales de control provienen de cualquier circuito de control como un micro controlador o módulos Arduino. (Muñoz, Núñez, 2014)

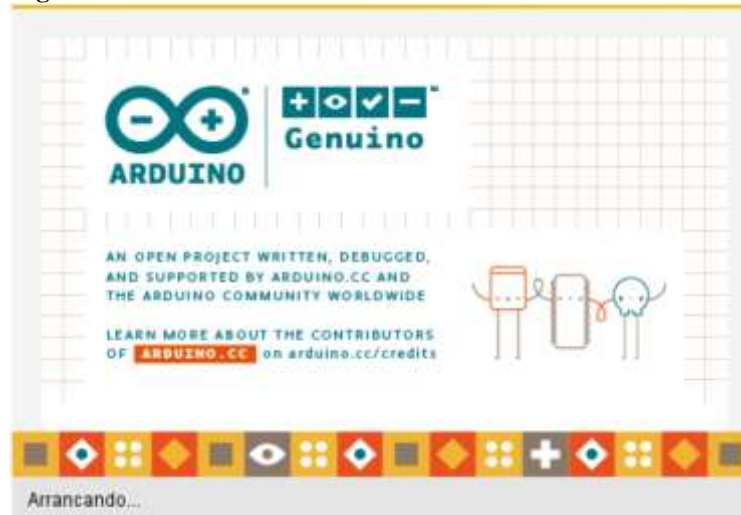
Características:

- 4 canales independientes protegidos con opto acopladores.
- 4 relés de 2 posiciones.
- Voltaje de bobina: 5 V DC-12 V DC.
- Led indicador de canal: 4
- Corriente de activación: 15 mA a 20 mA.

Software Arduino

La plataforma de programación Arduino es de software libre, es decir, se desarrollan prototipos bajo código de programación abierto basados en hardware y software. Esta plataforma trabaja en el lenguaje de programación de alto nivel “Processing” que es similar a C++. La figura 17 muestra la interfaz de inicio del IDE Arduino. (Herredor, 2009)

Figura 17: Interfaz de inicio del IDE Arduino



Realizado por: (Muñoz, Núñez, 2014)

Ventilador Silentis de Cata

El extractor Silentis de Cata, para hacerle ventilador se le invirtió el giro por medio del bobinado del extractor. La gama se fabrica en dos acabados, blanco e inox, y gozan de puerta anti retorno con mínima pérdida de carga. Además disponen de un frontal extraíble que se libra de tornillería para poder realizar las tareas de limpieza de una manera más cómoda y rápida. Toda la serie viene equipada con motores de 230 V y 50 Hz. Pero esta potencia de extracción no impide que sea uno de los extractores más silenciosos del mercado, llegando a un nivel sonoro que oscila únicamente entre los 37 y 41 dB. La figura 18 muestra el ventilador Silentis de Cata. (Pizzetti, 2016)

Figura 18: Ventilador Silentis de Cata



Realizado por: (Pizzetti, 2016)

Bomba de agua de ½ HP

La bomba de agua es un dispositivo que se encarga de transferir energía a la corriente del fluido impulsándolo, desde un estado de baja presión estática a otro de mayor presión.

Están compuestas por un elemento rotatorio denominado impulsor, el cual se encuentra dentro de una carcasa llamada voluta.

Inicialmente la energía es transmitida como energía mecánica a través de un eje, para posteriormente convertirse en energía hidráulica.

El fluido entra axialmente a través del ojo del impulsor, pasando por los canales de éste y suministrándosele energía cinética mediante los álabes que se encuentran en el impulsor para posteriormente descargar el fluido en la voluta.

Luego se expande gradualmente, disminuyendo la energía cinética adquirida para convertirse en presión estática. La figura 19 muestra una bomba de agua de ½ HP. (Pizzetti, 2016)

Figura 19: Bomba de agua de ½ HP



Realizado por: (Pizzetti, 2016)

Una bomba centrífuga es una máquina que consiste de un conjunto de paletas rotatorias encerradas dentro de una caja o cárter, o una cubierta o coraza. Se denominan así porque la cota de presión que crean es ampliamente atribuible a la acción centrífuga. Las paletas imparten energía al fluido por la fuerza de esta misma acción. Así, despojada de todos los refinamientos, una bomba centrífuga tiene dos partes principales: (1) Un elemento giratorio, incluyendo un impulsor y una flecha, y (2) un elemento estacionario, compuesto por una cubierta, estoperas y chumaceras. En la figura 19 se muestra una bomba centrífuga. (Pizzetti, 2016)

Características:

- Angelo Water Pump
- Modelo: STP-06
- V/Hz: 115/230v-60Hz
- Rpm: 3400
- Kw: 0,37
- C: $16\mu F$
- Power: 1/2HP
- Lift: 40 M/máx
- Max Flow: 42L/min

La bomba de agua trabajará con un sistema de nebulización para obtener mejores resultados en lo que respecta al control de la temperatura y la humedad con el sensor DHT11, la bomba de agua permitirá mantener la frescura en los alveolos.

Electroválvula de ½ pulgada

Esta válvula tiene roscas de 1/2". Normalmente, la válvula está cerrada. Cuando se aplica 12VDC a los dos terminales, la válvula se abre y el agua puede pasar a través. La válvula tiene una disposición de junta interior, por lo que no es un requisito una presión mínima de 0,02 MPa (3 PSI). Además, el líquido puede fluir sólo en una dirección. (Pizzetti, 2016)

Figura 20: Electroválvula de ½ pulgada



Realizado por: (Pizzetti, 2016)

Riego por nebulización

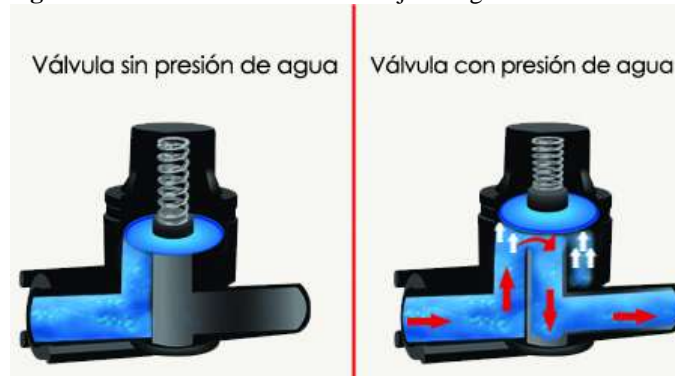
Es cuando en el sistema, se expulsa agua en forma de neblina, a través de emisores colocados en la parte superior de tu cultivos, el cual además de suministrar agua o fertilizante, contribuye en cierta forma a disminuir temperatura y elevar el nivel de humedad relativa en el interior del invernadero.

Figura 21: Nebulizador



Elaborado por: (Pizzetti, 2016)

Cuando instalamos un sistema de riego por nebulizado, básicamente estamos mandando agua a presión con ayuda de una bomba a través de los nebulizadores instalados.

Figura 22: Direccionamiento del flujo de agua

Elaborado por: (Pizzetti, 2016)

Resistencia calentadora (Calefactor)

Las resistencias calentadoras convierten energía eléctrica en calor. Procedimiento descubierto por James Prescott Joule cuando en 1841 al hacer circular corriente eléctrica a través de un conductor se liberó calor por encontrar resistencia. En la actualidad las resistencias calentadoras se utilizan para infinidad de aplicaciones. La gran mayoría de ellas son fabricadas con un alambre de una aleación de níquel (80%) y cromo (20%). Esta aleación soporta temperaturas muy altas (1000°C), es resistivo (condición necesaria para generar calor), es muy resistente a los impactos y es inoxidable. La figura 23 muestra una variedad de resistencias calentadoras. (Pizzetti, 2016)

Figura 23: Resistencia calentadora

Realizado por: (Pizzetti, 2016)

Descripción Eléctrica

El componente eléctrico que constituye el buen funcionamiento de la cámara Germinadora, está formado desde la parte de conexión al toma corriente por un enchufe de 220V que soporta hasta 15 A, totalmente hermético a la conexión de sus tres polaridades: fase, neutro y tierra, dicho conector está unido a un cable de AWG #10 flexible con chaqueta de protección para

aislamiento a cortocircuitos o a pesos muertos de hasta 500 Kg, una temperatura de 75 °C en ambiente mojado y 90 °C en ambiente seco o húmedo. Esta conexión va directa a un interruptor general de activación desactivación de todo el sistema, pasando a conectarse con una cajeta compuesta con 12 interruptores QO marca Phoenix Contact de fusible, que sirve de protección para la activación de las cargas (iluminación, niquelina, bomba, ventiladores, alimentación Arduino y alimentación electroválvulas), los mismos que están protegidos con fusibles calculados para su capacidad de alimentación de corriente y voltaje eléctrico, de la siguiente manera:

$$I_F = W_C / V_{Fuente} \quad [4]$$

Donde:

$I_F =$ Corriente del fusible.

$W_C =$ Vatios de la carga.

$V_{Fuente} =$ Voltaje de la fuente.

a.- Cálculo del fusible para los ventiladores:

$$I_F = 25W / 110V$$

$$I_F = 0,227A$$

Resultado: Se utilizará un fusible de 0,5 A.

b.- Cálculo del fusible para las luminarias:

$$I_F = 3W / 110V$$

$$I_F = 0,022A$$

Resultado: Se utilizará un fusible de 0,5 A.

c.- Cálculo del fusible para las niquelinas:

$$I_F = 125W / 110V$$

$$I_F = 1,136A$$

Resultado: Se utilizará un fusible de 2 A.

d.- Cálculo del fusible para la bomba:

$$I_F = 735W / 110V$$

$$I_F = 6,681 A$$

Resultado: Se utilizará un fusible de 10 A.

e.- Cálculo del fusible para la alimentación tarjetas Arduino

$$I_F = 300W / 110V$$

$$I_F = 2,727 A$$

Resultado: Se utilizará un fusible de 3 A.

f.- Cálculo del fusible para la alimentación electroválvulas

$$I_F = 300W/110V$$

$$I_F = 2,727 A$$

Resultado: Se utilizará un fusible de 3 A.

Una vez establecido la intensidad de los fusibles la caja de distribución de voltaje para las cargas está, armada y compuesta por canaletas eléctricas como protección de seguridad; las mismas que van unidas a los relés que activan y desactivan cada carga según el control que realiza el Arduino y en base a las mediciones del sensor DHT11.

El cable de tierra y de neutro está conectado por separado a una distribución por medio de una bornera de doce tomas Phoenix Contact color gris para neutro y otra independiente color azul para tierra.

El cable de utilizado para las conexiones entre los módulos relés y la distribución en casi todas las cargas, a excepción de la bomba; es AWG #22 flexible; para la bomba está utilizado AWG #16 flexible.

El código de colores de los cables establecido para la realización de las conexiones eléctricas en el Germinador es: (blanco-fase y azul-neutro) para las luminarias, (morado-fase y negro-neutro) para las niquelinas, (amarillo-fase y tomate-neutro) para los ventiladores, (rojo-fase y negro-neutro) para la alimentación tanto de las tarjetas Arduino como de las electroválvulas.

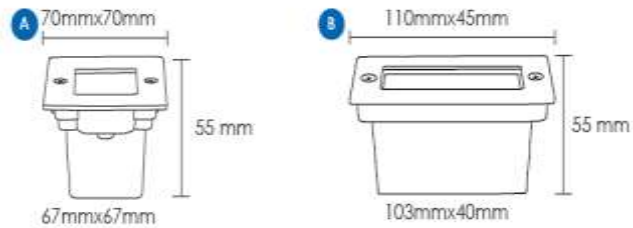
La parte de seguridad eléctrica, la parte de las canaletas eléctricas color plomo, está sujeta al uso de tornillos de revestimiento de material aislante para la sujeción de los componentes, cinta doble faz para sujeción de instalaciones con algún tipo de metal conductor, amarras plásticas color negro y cinta Taype 3M de colores azul, amarillo, rojo y negro indispensable para recubrir áreas de los enchufes o empalmes, previniendo el riesgo de un cortocircuito donde interviene las líneas eléctricas fase, neutro y tierra.

Lámpara Guía LED de 3W

Luminaria LED empotrable para pared y escalones. Cuenta con vidrio templado y ángulo de luz tipo spot. Ideal para decorar escaleras, pasadizos y corredores; es frecuentemente utilizado como lámpara guía. La figura 24 muestra la lámpara Guía LED de 3W. (Cadena, 2015)

Figura 24: Lámpara Guía LED de 3W

Realizado por: (Cadena, 2015)



Características:

- Temperatura de color: 3000K
- Flujo luminoso: 220-300lm
- Tensión: 110V
- Potencia: 2-3W
- Ángulo de apertura: 30°
- Vida útil: 20000H
- CRI: 70
- Grado de protección: IP54

Los elementos que permiten el funcionamiento del Germinador se distribuyen en luminaria, ventilador, calefactor y sistema de riego; cada dispositivo es controlado con la tarjeta Arduino y con los módulos relé, además del importantísimo DHT11. (Cadena, 2015)

El uso de luminaria, además del uso de la resistencia de calor permitirá en la cámara de germinación mantener la humedad y la temperatura eficiente a las condiciones biológicas de las semillas de cereales.

Sembrado de las semillas de cereales

Para el diseño experimental se tienen los siguientes detalles en los parámetros de control.

Temperatura

La temperatura para el sembrado de las semillas debe estar en las siguientes condiciones experimentales; la tabla 13 muestra la temperatura experimental para el diseño de la cámara de germinación. La temperatura tiene que ser controlada de manera óptima para evitar la muerte

de las semillas dentro de los alveolos, debido a la intensidad de calor la semilla puede llegar a deshidratación total. (Cadena, 2015)

Tabla 13: Temperatura experimental

Temperatura	Grados
Temperatura óptima del suelo	15-20 °C
Temperatura ambiente óptima de germinación	20-30 °C
Temperatura mínima de germinación	10 °C
Temperatura óptima durante el día	21-28 °C
Temperatura óptima durante la noche	16-18 °C
Temperatura máxima biológica	35-37 °C
Temperatura mínima biológica	10-14 °C
Temperatura mínima letal	0-2 °C
Temperatura óptima de polinización	15-25 °C

Elaborado por: (Cadena, 2015)

Humedad

La humedad relativa óptima del aire en la cámara de germinación durante la primera fase de cultivo tiene que estar en el rango de 60% al 65%, y posteriormente oscila entre el 65% y el 75%. Humedades muy altas que sobrepasen el 75% favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas. Es importante que se mantenga sin excesivas oscilaciones de humedad. (Aranda, Campos, 2005)

Luminosidad para la germinación

Los cereales son plantas de día corto, las cuales no son afectadas por las condiciones de la cámara de germinación, no obstante la luminosidad condiciona la fotosíntesis, soportando temperaturas más elevadas, siempre que la humedad relativa sea adecuada. A parte de la luminosidad y la humedad al igual que la temperatura, el suelo también es indispensable que presente buenas condiciones para el sembrado. (Aranda, Campos, 2005)

Exigencias del suelo

Los cereales aunque aceptan varios tipos de suelos, los más indicados son los suelos ligeros de textura silíceo-limosa, con buen drenaje y ricos en materia orgánica. Para tener una buena distribución de agua, porque con un riego excesivo puede ser suficiente para dañar el cultivo. (Aranda, Campos, 2005)

El suelo que tiene los alvéolos estará constituido la mayor parte con tierra negra humedecida para evitar el exceso de humedad o la resequedad de la plántula.

Siembra

Los cereales se suelen realizar la siembra directa, a razón de 2-3 semillas por golpe, que se cubrirán por 2-3 cm de tierra con 8-10 cm de distancia una de la otra. Las semillas deben ser seleccionadas adecuadamente y tratadas con funguicidas. En el caso de la bandeja en la cámara de germinación, los alvéolos delimitan la distancia y el espaciado entre semillas. (Aranda, Campos, 2005)

Tiempo de germinación

La germinación de los cereales puede tardar entre 3 y 6 días dependiendo de la humedad de la tierra, si la tierra carece de humedad, la semilla tardará en germinar y con exceso de humedad se corre el riesgo de que la semilla se pudra. (Aranda, Campos, 2005)

Tiempo de vida

La vida promedio del cultivo de cereales es de 2.5 meses, donde a partir del segundo mes se comienza la reproducción para luego morir. (Aranda, Campos, 2005)

11. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Este numeral del proyecto de investigación muestra un análisis y discusión de los resultados obtenidos con la cámara de germinación de semillas de cereales. Los resultados son indispensables para verificar el cumplimiento tanto de la hipótesis, así como de los objetivos en la consecución del proyecto de investigación, cada aspecto resultante, es un valor métrico significativo para la eficiencia de la propuesta.

Proceso de germinación de semillas

La germinación es el proceso mediante el cual una semilla se desarrolla hasta convertirse en una plántula. Este proceso se lleva a cabo cuando el embrión se hincha y la cubierta de la semilla se rompe. Para lograr esto, toda nueva planta requiere de elementos básicos para su desarrollo:

temperatura, agua, oxígeno y sales minerales. Para lo cual se decidió realizar el proceso de germinación para tres tipos de semillas de cereales: quinua, cebada y maíz.

A partir del sembrado de las semillas se verá su evolución día a día controlando la temperatura y humedad del sistema cada 12 horas, así durante 72 horas (3 días), adicional se analizaron los cambios sufridos por la semilla durante este proceso, teniendo en cuenta que para estas semillas se debe mantener una temperatura aproximada entre 20 y 30 °C así como también una humedad constante de 60 % en el sistema.

Pasó a Paso

Día uno, hora 00h00

Para el presente estudio se colocaron tres tipos de semillas en el germinador (quinua, cebada y maíz), y se tomó una temperatura inicial de 28 °C y una humedad de 35%, el prototipo mantiene activo el sistema de riego por goteo para mantener la humedad constante y así acelerar el proceso de germinación.

Día uno, hora 12h00

Las semillas han crecido y algunas han empezado a abrirse, todavía no es muy notorio el cambio, se detectó una temperatura de 25 °C y una humedad de 33%, se han mantenido durante estas 12 horas las mismas condiciones de luz y humedad.

Día dos, hora 00h00

Se ha detectado una temperatura de 23 °C y una humedad de 35%, las semillas rompieron su cubierta gracias al desarrollo del embrión, han empezado a salir pequeñas raíces; han sufrido una excelente evolución gracias al control de la humedad y el sistema de riego que se genera en el germinador.

Día dos, hora 24h00

En esta etapa las semillas tienen raíces y aparece un tallo que crece de color blanco, la temperatura se ha mantenido constante y la humedad en un 37%, se ha mantenido el germinador inmóvil en un lugar fresco y con poca iluminación.

Día tres, hora 00h00

A una temperatura de 25 °C y una humedad de 33% las semillas tienen: raíces, tallo y comienzan a crecer pequeñas hojas verdes, el proceso está a punto de terminar.

Día tres hora 24h00

Las semillas han germinado de manera exitosa, terminando el proceso de forma rápida y sencilla, en un tiempo estimado de 3 días a una temperatura y humedad controlada debido al sistema de riego, de ventilación y el control exitoso de las condiciones físicas dentro de la cámara de germinación.

Pruebas de funcionamiento

En la tabla 14 se muestra el funcionamiento del control de temperatura de la cámara de germinación de semillas de cereales.

Tabla 14: Lista de pruebas de control de temperatura

Temperatura óptima (°C)	HORA	TEMPERATURA (°C)	ENFRÍA	CALIENTA	STANDBY
15 – 30	6h00	14		x	
15 – 30	10h00	14		x	
15 – 30	14h00	20			x
15 – 30	18h00	20			x
5 – 12	22h00	13	x		
5 – 12	2h00	10			x

Elaborado por: Los Investigadores

La tabla 15 muestra el funcionamiento del control de iluminación durante un día (24 horas), mismo que es necesario para establecer la condición de iluminación que las semillas necesitan, para ubicar en la posición correcta la cámara de germinación.

Tabla 15: Lista de pruebas de control de iluminación

HORA	LUMINARIA 1	LUMINARIA 2	LUMINARIA 3	STANDBY
6h00				x
8h00	X			
10h00	X	x	x	
18h00		x	x	
22h00				x
2h00				x

Elaborado por: Los Investigadores

La tabla 16 muestra el funcionamiento del control de humedad del germinador, el sistema tiene que mantener la humedad ambiental entre el 60% y 75% durante el día y la noche. Para ello son efectivo los resultados de medición que el sensor DHT11 otorga al sistema de control

Tabla 16: Lista de pruebas de control de humedad

HUMEDAD ÓPTIMA	HUMEDAD	ON	OFF
60% - 75%	40%	x	
60% - 75%	50%	x	
60% - 75%	60%	x	
60% - 75%	70%	x	
60% - 75%	80%		x
60% - 75%	90%		x

Elaborado por: Los investigadores

11.3. Análisis de consumo

Con los datos de consumo de cada elemento del proyecto se calcula el consumo eléctrico con la siguiente fórmula:

$$kWh = \frac{W_{Elemento} \times Horas \times Días}{1000} \quad [5]$$

La tabla 17 presenta el consumo individual y total del prototipo usado en un espacio temporal de 24 horas.

Tabla 17: Análisis de consumo eléctrico del sistema

ÍTEMS	CPU (Arduino, sensores y relés)	Luminaria LED x3	Ventiladores x3	Riego de agua
Watts (W)	550	9	60	19,2
Tiempo encendido (horas)	24	8	10	5
Total de consumo mensual (kWh)	396	2	18	2,88
Consumo total del sistema (kWh)				418,88

Elaborado por: Los Investigadores

Con una tarifa actual de 0.08 dólares por kWh, el prototipo representa un incremento mensual que se aproxima a los 4,27 dólares por consumo eléctrico del prototipo de automatización. A parte del análisis de consumo es importante determinar el impacto que el proyecto de investigación imprime en la sociedad.

12. IMPACTOS

En este numeral del proyecto de investigación, se analiza el impacto que tiene el diseño, construcción e implementación de la cámara de germinación de semillas de cereales automatizada.

Análisis de impactos

La investigación se sustenta en un análisis técnico de los impactos que en las diferentes áreas o ámbitos que genera el proyecto en el contexto del mismo. Para el presente análisis de impactos, se ha empleado lo siguiente:

- Se determina varias áreas o ámbitos generales en las que el proyecto influirá positiva o negativamente; en el presente proyecto se ha determinado las áreas social, económica, agroambiental y educativa.
- Se selecciona un rango de niveles de impacto positivos y negativos de acuerdo a la tabla 18, como se aprecia en la tabla los impactos son establecidos de acuerdo a un criterio de ponderación.

Tabla 18: Rango de niveles de impacto positivo y negativo

Nivel de impacto	Estado
-3	Impacto ALTO negativo
-2	Impacto MEDIO negativo
-1	Impacto BAJO negativo
0	NO HAY IMPACTO
1	Impacto BAJO positivo
2	Impacto MEDIO positivo
3	Impacto ALTO positivo

Elaborado por: Los Investigadores

- Se construye para cada una de las áreas una matriz en la que horizontalmente se ubica los niveles de impacto establecido, mientras que verticalmente se determina una serie de indicadores que permitirá tener información específica y puntual del área analizada.
- A cada indicador, se asigna un nivel de impacto, positivo o negativo, a continuación se encuentra la sumatoria de los niveles de impacto, la misma que será dividida para el número de indicadores establecidos en cada área, obteniéndose de esta manera matemáticamente el nivel de impacto del área de estudio.

- Bajo cada matriz de área se realiza un breve análisis, en el que se selecciona y argumenta las razones, motivos, circunstancias que conllevaron a asignar el nivel de impacto al indicador de la matriz.

Impacto social

La tabla 19 muestra las métricas del impacto social.

Tabla 19: Métricas del impacto social

Indicador	Nivel de impacto	-3	-2	-1	0	1	2	3	TOTAL
Ciencia y tecnología								X	3
Hábitos de consumo							x		2
Generación de productividad						x			1
Bienestar para la práctica estudiantil								X	3
	TOTAL					1	2	6	9

Elaborado por: Los Investigadores

Total de impacto social = 9/3

Total de impacto social = 3

Nivel de impacto social = MEDIO positivo.

Como se puede visualizar en la tabla 19 nos da a conocer los siguientes resultados tomando como referencia una ponderación del nivel: bajo, medio y alto de la tabla 18 los cuales nos permitirán interpretar los datos obtenidos tomando como indicadores 4 parámetros y el resultado de los mismos dividido para 3 (nivel bajo, medio y alto). Y nos da como resultado del impacto social un nivel medio positivo.

Análisis

En este impacto el proyecto prevé que incidirá a corto, mediano y largo plazo, cambio de hábitos en el consumo de cereales, beneficiando a la salud de la comunidad que enmarca la implementación de la cámara de germinación de cereales; con la reducción de problemas de enfermedades causadas con productos que no son debidamente clasificados en su semillas o que contienen residuos tóxicos que son utilizados por parte de agricultores para la eliminación de plagas o fumigaciones, preocupados por aumentar los rendimientos de su producción sin pensar en la salud de los demás.

Además, la implantación de la cámara de germinación permitirá a los estudiantes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales realizar su prácticas en favor del estudio biológico de las semillas y sus etapas de germinación hasta llegar al nivel de plántula y porque no hasta la madurez de su crecimiento.

El proyecto a su vez, permitirá generar una idea de micro-emprendimiento productivo alternativo en donde se benefician agricultores que producen productos agros ecológicos. Todas estas premisas se aglutinan en favor de la ciencia y la tecnología que da como resultado la construcción de la cámara de germinación.

Impacto económico

La tabla 20 muestra las métricas del impacto económico.

Tabla 20: Métricas del impacto económico

Indicador	Nivel de impacto	-3	-2	-1	0	1	2	3	TOTAL
Inversión en conocimiento						x			1
Mayor germinación de semillas								x	3
Garantía del perfil estudiantil							x		2
Ahorro en equipamiento técnico								x	3
	TOTAL					1	2	6	9

Elaborado por: Los Investigadores

Total de impacto económico = 9/3

Total de impacto económico = 3

Nivel de impacto económico = MEDIO positivo.

Como se puede visualizar en la tabla 20 nos da a conocer los siguientes resultados tomando como referencia una ponderación del nivel: bajo, medio y alto de la tabla 18 los cuales nos permitirán interpretar los datos obtenidos tomando como indicadores 4 parámetros y el resultado de los mismos dividido para 3 (nivel bajo, medio y alto). Y nos da como resultado del impacto social un nivel medio positivo.

Análisis

La cámara de germinación de cereales beneficiará económicamente a los estudiantes y docentes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, en razón del desarrollo práctico de sus conocimientos y la construcción de su óptimo perfil profesional, con la adquisición de

conocimientos técnicos en la germinación de semillas. El germinador permitirá el ahorro de equipamiento sofisticado, brindando las mismas condiciones de un equipo comercial y con eficientes resultados en la germinación de semillas de cereales. Un eficaz impacto económico promueve la elaboración de impacto agroambiental.

Impacto agroambiental

La tabla 21 muestra las métricas del impacto agroambiental.

Tabla 21: Métricas del impacto agroambiental

Indicador	Nivel de impacto	-3	-2	-1	0	1	2	3	TOTAL
Conservación del medio ambiente								x	3
Uso de insumos orgánicos								x	3
Desechos sólidos y líquidos químicos de la producción agrícola							x		2
Agricultura de precisión								x	3
	TOTAL						2	9	11

Elaborado por: Los Investigadores

Total de impacto agroambiental = 11/3

Total de impacto agroambiental = 3,66

Nivel de impacto agroambiental = ALTO positivo.

Como se puede visualizar en la tabla 21 nos da a conocer los siguientes resultados tomando como referencia una ponderación del nivel: bajo, medio y alto de la tabla 18 los cuales nos permitirán interpretar los datos obtenidos tomando como indicadores 4 parámetros y el resultado de los mismos dividido para 3 (nivel bajo, medio y alto). Y nos da como resultado del impacto social un nivel alto positivo.

Análisis

A través de la implementación de la cámara de germinación automatizada, se incentivará al cultivo de productos orgánicos desechando la utilización de tóxicos de las diferentes categorías que actualmente la mayoría de agricultores utilizan para contrarrestar los problemas fitosanitarios que se les presenta en el desarrollo de la plántula.

Reduciendo en parte la contaminación en el campo por los desechos sólidos y líquidos que generan al utilizar los productos químicos, la identificación de agricultores denominados

agroambientales permitirá que las semillas no reduzcan sus características orgánicas y naturales. Con el uso de la agricultura de precisión, se plantea la conservación del medio ambiente, el uso de insumos orgánicos para prevenir afecciones a la salud y evitar al 100% el desecho de sólidos y líquidos químicos que contaminan la producción agrícola.

Impacto general

La tabla 22 muestra las métricas del impacto general

Tabla 22: Métricas del impacto general

Indicador	Nivel de impacto	-3	-2	-1	0	1	2	3	TOTAL
Impacto social								x	3
Impacto económico								x	3
Impacto agroambiental								x	3,66
TOTAL								12	9,66

Elaborado por: Los Investigadores

$$\sum \text{Nivel de impacto} / \text{No Indicadores}$$

$$9,66/4 = 2,415$$

Como se puede visualizar en la tabla 23 nos da a conocer los siguientes resultados tomando como referencia una ponderación del nivel: bajo, medio y alto de las tablas 18, 19, 20, 21 los cuales nos permitirán interpretar los datos obtenidos tomando como indicadores 3 parámetros y el resultado de los mismos dividido para 3 (nivel bajo, medio y alto). Y nos da como resultado del impacto social un nivel medio positivo.

Análisis

El impacto a nivel general que dará el proyecto será de 2,451 lo cual constituye un impacto positivo alto. Esto implica que la cámara de germinación de cereales automatizada, será beneficiosa tanto a nivel individual como colectivo, permitiendo generar una alternativa para la práctica de los estudiantes de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi, cuyos estudios estén enfocados en los procesos de germinación de semillas; además con el proyecto de investigación se motiva a la generación de ideas creativas de emprendimiento y desarrollo científico y tecnológico para las generaciones venideras, aportando no solo a la Ingeniería Electromecánica, sino a la ciencia y al conocimiento.

13. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Este numeral del proyecto de investigación detalla el aspecto financiero del desarrollo e implementación de la cámara de germinación de semillas de cereales.

Análisis financiero

En la tabla 23 se aprecia los costos que se percibieron en la implementación del germinador y la tabla 24 muestra los costos del desarrollo del proyecto de investigación.

Tabla 23: Costo de materiales

ÍTEM	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO/UNIDAD (\$)	COSTO TOTAL (\$)
Estructura de acero inoxidable	1	c/u	700	700
Fuente de poder 12V	2	c/u	10	20
Módulo Arduino	1	c/u	45	45
Sensor DHT11	3	c/u	5	15
LCD 16*2	3	c/u	9	27
Módulo Relé 2 canales	6	c/u	5	30
Ventilador	3	c/u	32	96
Luminaria LED	3	c/u	25	75
Case para Arduino	3	c/u	13	36
Terminales varios	12	c/u	1,20	14,40
Conectores varios	12	c/u	1	12,00
Electroválvulas	3	c/u	12	36
Cable gemelo # 22	25(m)	c/u	0,40	10
Teclado Matricial	3	c/u	6	18
Pulsadores	6	c/u	1,25	7,50
Cable gemelo #10	8	c/u	1,20	9,60
Cable multipar flexible	2	c/u	1	2
Canaleta (1x2)cm	3	c/u	2,50	5,0
Canaleta (1x3)cm	3	c/u	3,00	6,00
Broca ¼	1	c/u	2,50	2,50
Gastos varios	-----	-----	-----	25
			TOTAL	1,192

Elaborado por: Los Investigadores

Los costos del desarrollo del proyecto de investigación están estimados por la asesoría profesional y los gastos varios involucrados.

Tabla 24: Costos de desarrollo

ÍTEM	COSTO (\$)
Materiales	1,192
Transporte	80,00
Mano de Obra	600,00
Varios (25 %)	468
TOTAL	2,340

Elaborado por: Los Investigadores

Como se puede apreciar en la tabla 23 y 24, el costo final del proyecto es de **2,340 dólares**, al analizar en función del mercado nacional, no existe un prototipo similar orientado a la germinación de semillas de cereales, lo que hace de este el primer modelo desarrollado.

14. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

El desarrollo del proyecto de investigación presentó aspectos relevantes en lo concerniente al diseño y construcción de una cámara automatizada de germinación de cereales, detallados en las siguientes conclusiones:

- La mejor manera incentivar el crecimiento natural de las plantas y cultivos es someterlos a niveles controlados de temperatura, luminosidad y a una humedad relativa. Esto se consigue con el uso de la cámara de germinación, creando un clima idóneo que propicia la correcta evolución de las semillas; es por esto que el germinador podría ser usado para aplicaciones en: sistemas autónomos agronómicos, invernaderos inteligentes, domótica agroindustrial, etc.
- El proyecto de investigación cumple las expectativas inicialmente propuestas. La implementación de la cámara germinadora resulta eficiente e intuitiva. Para comprobar fehacientemente que el germinador funciona, se realizaron varias pruebas con diversidad de semillas de cereales de las cuales el 90% lograron una óptima germinación y el 10% restante no pudo satisfacer la germinación debido a la caducidad de la semilla, no completó el proceso en un tiempo específico de verificación de 9 a 23 días; a través de esta premisa, se puede afirmar que los condicionantes tales como el tiempo y la zona climática, se pueden controlar y automatizar de forma correcta para conseguir una cámara de germinación de cereales totalmente automática.
- La germinación de cereales dentro de la cámara, se ve influenciada por la temperatura, de forma que altas temperaturas (35-40 °C) inhiben la germinación y por el contrario, temperaturas bajas y moderadas (15-30 °C) presentan altos porcentajes de germinación, con valores comprendidos entre el 85% y 90%.
- Las condiciones de luminosidad en colores azul, blanco y amarillo sólo afectan a las semillas expuestas a temperaturas moderadas (20 °C), donde el porcentaje de germinación es considerablemente más reducido en el tratamiento de luz que en el de oscuridad (81% germinación en luz blanca; 86% germinación en luz amarilla; 91% germinación en luz azul).
- Con independencia del tratamiento de luminosidad aplicado, a la temperatura alterna 12-20 °C se obtuvieron los mayores porcentajes de germinación de semillas de cereales, 97% en luz (a la intemperie) y 95% en oscuridad (dentro de un habitáculo). A su vez, el tiempo

medio de germinación depende de las condiciones a las que estén expuestas las semillas y oscila entre 9 y 23 días.

- Se ha diseñado una cámara de germinación totalmente sustentable interconectada a la línea principal de energía eléctrica de 110 V, como fuente de energía. Con esto se puede motivar a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y recursos naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi, al desarrollo práctico de los estudiantes con la capacidad de poder cultivar cualquier tipo de producto en condiciones climatológicas y geológicas totalmente diferentes en cualquier época del año y en menor tiempo; deduciendo que es posible crear un sistema de monitorización simple, económico y fiable con el cual controlar la germinación de semillas, en particular las semillas de cereales.

RECOMENDACIONES

Las principales recomendaciones efectuadas en el desarrollo e implementación de una cámara automatizada de germinación de cereales, se detallan a continuación:

- En el proceso de germinación de las plántulas es importante detallar que se utilizará solo para cereales dependiendo de los parámetros de germinación evitando así la muerte de las semillas de cereales por choque térmico producido entre las temperaturas día-noche en espacios abiertos. Además, la mezcla de tierra negra y arena de río en proporción 1:1, permite maximizar la capacidad germinativa de las semillas de cereales.
- Se recomienda que la implementación de la cámara de germinación cumpla con el requisito de ser ergonómica y portable; al igual que los estudiantes reciban capacitaciones en forma permanente sobre esta tecnología, para que no existan problemas causados por el desconocimiento en su operatividad. En lo posterior se debe utilizar un sistema de generación de aire caliente a base de energía eléctrica o solar, para ser un germinador amigable al ambiente y las energías renovables.
- Utilizar calentadores, en los que sea posible limitar la temperatura máxima de 40 °C, para que las semillas no sufran cambios de temperatura intempestivos que alteren su ciclo biológico natural, antes de encender los calentadores es recomendable mantener cerrada la cámara de germinación por lo menos hasta 5 minutos, para que nivelen su temperatura y al encenderlos no vayan a sufrir algún riesgo de avería; es recomendable utilizar lámparas LED en la luminosidad de color blanco, azul y amarillo; para evitar inconvenientes con la humedad.

15. BIBLIOGRAFÍA

- AOSONG. (2015). "Temperature and humidity module. In AOSONG, Temperature and humidity module", USA, New York, pp. 1-2.
- Aranda, D., Campos, F. (2005). "Agroclimatología: Cuantitativa de cultivos", Editorial Trillas, México, pp. 23-27.
- AUTOMATIZACION. (2014). "Automatización, control y monitoreo de invernaderos", España. Recuperado de: <http://automatización-invernaderos.com>. Ultimo Acceso: 13/12/2017
- Basra A., S. (1995), "Basic Mechanisms and Agricultural Implications", Estados Unidos, New York, pp. 45-65.
- Borja, J. (2011), "Construcción de una cámara de germinación", México, México D.F., pp. 50.
- Cadena, E. (2015). "Jardín botánico de la ciudad de Quito, un estudio minucioso de la tecnología". Disponible en: http://www.jardinbotanicoquito.8m.com/jbq_inicio.htm. Ultimo Acceso: 18/12/2017.
- Castilla, N. (2003). "Invernadero de plástico, tecnología y manejo", 2da Edición, Barcelona, Editorial NORMA, p. 462
- Castaño, J. (2008), "Microbiólogo Agrícola y Veterinario", Pontificia Universidad Javeriana, Ecuador, Quito, pp. 80.
- Coronel, I. (2016). "Germoplanta". Disponible en: <http://www.germoplanta.com/>. Último acceso 19/12/2017.
- Díaz, H. (2011). "Automatización medioambiental en busca de las semillas mejores en el sembrío.", INDECOPI, Perú, pp. 29-30.
- ECURED. (2016). "Los sistemas de riego", Disponible en: www.ecured.cu/sistemas_de_riego. Último Acceso: 23/11/2017
- Escalas, G. (2014). "Diseño y desarrollo de un prototipo de riego automático controlado con Arduino", Chile, pp.19-21.

- Fuentes, J. (1996). "Técnicas de riego", España, Madrid, Editorial Mundo Prensa, pp. 471
- Gurovich, L. (1985). "Fundamentos y diseños de sistemas de riego, San José, Costa Rica; Serie de libros y materiales educativos", Costa Rica, pp. 55-70.
- Hernández, M. (2012). "Manual de trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis "Doctoral, Venezuela, Disponible en: <http://neutron.ing.ucv.ve/UPEL2006.pdf>. Último Acceso: 22/12/2017
- Hernanz, M. (2014). "Sistema de Gestión y Control de Invernadero Automatizado con Arduino.", España, pp.17-20.
- Herredor, R. (2009). "Guía de Usuario de Arduino", Editorial Creative Commons, San Francisco, California, USA, pp. 22-34.
- INTA. (2016). "Tecnología adaptada a tu cultivo para una óptima autorización". Disponible en: <http://www.inta.com.es/index.php/es/>. Último acceso 22/11/2017
- Mathas, C. (2011). "Colaboración de electronics products. Conceptos básicos sobre sensores de temperatura" Disponible en: <http://www.digikey.com>, Ultimo acceso: 23/12/2017
- Muñoz, J. Núñez, D. (2014). "Automatización de invernadero en clima templado", Universidad de San Buenaventura, Colombia, Cali, pp. 65.
- Parrado C., Ubaque, H. "Buenas prácticas agrícolas en sistema de producción bajo invernadero", Editorial Jorge Tadeo, p. 74
- Pizzetti, C. (2016). "Temperatura Ambiental, Acondicionamiento del aire y refrigeración", pp. 59.
- Racines, A. (2011), "Investigación de los Germinados", Ecuador, Quito, pp. 15-20.
- Rivera Lozada, W. (2016), "Diseño y Construcción de un germinador de semillas para consumo humano", Pereira, pp. 10-36.
- Romero, B. (1990), "Semillas Biología y Tecnología", España, Madrid, Editorial Mundi-Prensa, pp. 42-58.

- Sánchez, E. (2012). “Diseño de un sistema de control domótico basado en la plataforma Arduino”, México, p.77-79.
- SERVERS, E. (2014). “Patagoniatecnology en el mundo de las ciudades digitales Argentina, Disponible en <http://saber.patagoniatecnology.com/arduino-mega-2560-tutorial-básico/>.
Último Acceso 21/12/2017
- Tojeiro, G. (2015). “Simulación de circuitos electrónicos y microcontroladores a través de ejemplos, Editorial Marcombo,” España, Barcelona, pp. 24-32.
- Torrente, O. (2013). “Arduino, Curso práctico de formación”, Editorial RC Libros, España Madrid, pp. 24-28.
- Torrente, O. (2013). “Arduino Curso práctico de formación nivel medio y avanzado”. México, México D.F., pp. 16-27.

16. ANEXOS

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**FACULTAD DE CIENCIAS DE LAS INGENIERÍAS Y
APLICADAS****TITULACIÓN:**

GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

MANUAL DE USUARIO**GERMINADOR**
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA**TÍTULO:**

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA AUTOMATIZADA DE
GERMINACIÓN DE CEREALES PARA LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES DE LA UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE COTOPAXI”

AUTORES:

Oswaldo de Jesús Salazar Vargas

Edison Vargas Toaquiza



1. INTRODUCCIÓN

El presente manual está desarrollado con el propósito de proporcionarle al usuario una orientación del modo de utilizar el GERMINADOR. Cada opción es explicada de una forma práctica y con ilustraciones para su mejor comprensión. Para argumentar la operatividad del GERMINADOR, es necesario conocer su funcionalidad.

GERMINADOR es una máquina destinada a la realización del proceso de germinación de las semillas de cereales, con la cual se puede automatizar los factores climatológicos y físicos como son la temperatura, humedad, iluminación y el sistema de riego de agua; para una eficiente distribución de las condiciones de formación de la plántula. El prototipo GERMINADOR tiene una estructura de acero inoxidable, la misma que proporciona la hermeticidad óptima para el funcionamiento de todos los componentes electrónicos, eléctricos, hidráulicos y mecánicos del sistema; está adaptado al tamaño estándar de una cámara de germinación comercial, cuyo chasis o estructura puede ser implantado en cualquier laboratorio de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2. OBJETIVOS

- Proporcionar al usuario la información necesaria para utilizar el prototipo GERMINADOR.
- Describir instrucciones apropiadas para el uso, manipulación y mantenimiento del prototipo GERMINADOR.

3. REQUISITOS

Para la utilización del GERMINADOR se debe tener los siguientes requerimientos básicos:

- Toma corriente de voltaje de la línea de energía alterna de 110 V.



- Prototipo GERMINADOR correctamente ensamblado.
- Semillas de cereales (cebada, quinua, maíz).
- Bandejas con alveolos para 200 plántulas.
- Tierra negra y agua.

4. CONOCIMIENTOS PREVIOS

Para el uso correcto y la comprensión eficiente de los componentes que actúan en el prototipo GERMINADOR, es necesario poseer conocimientos básicos sobre el cultivo de las diferentes semillas de cereales, además de los factores biológicos de las semillas a cultivar como son: temperatura mínima y máxima que soporta la semilla, porcentaje de humedad necesaria en la semilla para su germinación y el tiempo en que la semilla se convierte en plántula; además de la tecnología OpenHardware, conocer fundamentos de Arduino y electrónica básica, sistemas de riego por nebulización y por goteo, toda esta información proporciona un mejor entendimiento de la operatividad del GERMINADOR.

El GERMINADOR es un dispositivo electromecánico que permite, una vez encendido y configurado; realizar el proceso de germinación de las semillas de cereales en un ambiente controlado automáticamente, con el propósito de disminuir el tiempo de desarrollo de la plántula para una mejor productividad; sin perder o declinar las condiciones biológicas de las plantas cultivadas dentro del GERMINADOR.

5. INSTRUCCIONES IMPORTANTES DE SEGURIDAD

Cuando se utilice el GERMINADOR, deben cumplirse algunas normas de seguridad básicas a fin de evitar daños y accidentes personales. Por favor tenga en cuenta los siguientes puntos:

- 1.- Siempre desconecte el GERMINADOR si no está en operatividad o en condiciones de uso.



2.- Desconecte el GERMINADOR, tirando desde el enchufe conectado a la toma corriente de la línea eléctrica de 110V AC. Nunca desconecte el GERMINADOR tirando del cable.

3.- No intente reparar, ajustar o reemplazar componentes del GERMINADOR por su cuenta. Recurrir siempre a un servicio técnico especializado, o con los conocimientos previos suscritos en este manual de usuario.

4.- Asegúrese tener las manos secas antes de enchufar, desenchufar, encender o apagar el GERMINADOR.

5.- Nunca emplee el GERMINADOR con el cable de alimentación o el enchufe dañado. Tampoco lo haga si el prototipo ha presentado signos de mal funcionamiento o ha sido dañado en forma alguna. En tal caso apague y desenchufe el GERMINADOR, consulte al servicio técnico especializado para la revisión, reparación o ajuste del mismo.

6.- El GERMINADOR debe ser usado, únicamente, de acuerdo con las instrucciones del presente manual y no deberá ser utilizado para otro propósito distinto para el cual fue diseñado.

7.- Asegúrese que el GERMINADOR o el cable de alimentación no esté por encima, cerca o debajo de superficies calientes o filosas, pudiendo ser averiado, pisado o maltratado.

6. GERMINADOR

Revise los componentes del GERMINADOR. Figura A.1.

Coloque el GERMINADOR en la posición adecuada para proporcionar el espacio suficiente para el ingreso de la luz dentro de la cámara y para accesibilidad a una toma corriente para la operatividad de la cámara de germinación. Figura A.2.





Figura A.1. Componentes del GERMINADOR



Figura A.2. Case del sistema GERMINADOR



El GERMINADOR tiene que encenderse e iniciar el proceso de sensado de la humedad y la temperatura así como la activación de actuadores según la figura A.3:



Figura A.3. Parte interna del sistema GERMINADOR

Introduzca la bandeja de alveolos con las semillas de cereales sembrada en el sistema GERMINADOR, puede utilizar semillas distintas en cada cámara del GERMINADOR. Con esto el GERMINADOR está en proceso de funcionamiento. Figura A.4.



Figura A.4. Sistema GERMINADOR



Una vez que no requiera utilidad del GERMINADOR desconéctelo de su alimentación de voltaje y recúbralo con un cobertor especialmente diseñado para el prototipo, evitando la avería de algún componente del dispositivo por exposición al polvo.

7. MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE GERMINACIÓN

ADVERTENCIA: Antes de proceder con el mantenimiento preventivo o correctivo del GERMINADOR verifique que no tenga alimentación de voltaje alguna.

1.- Quitar la energía estática.

Es muy importante llevarlo a cabo para evitar averiar los componentes del GERMINADOR. Es recomendable tener una pulsera antiestática, siendo un dispositivo que se adapta a la muñeca de la mano y se conecta a una fuente de tierra para mantener las manos sin electricidad estática. Otra manera de prevenir la estática, es tocar por unos segundos un objeto metálico conectado a tierra.

2.- Destapar el GERMINADOR.

Antes de tocar el prototipo, deje que se enfríen los componentes internos del sistema y se disipe la energía restante que queda en los condensadores de la Arduino.

3.- Desmontar los tornillos para retirar el case o chasis del GERMINADOR.

Para ello hay que utilizar el desarmador adecuado para retirar los tornillos de case, tomando en cuenta la posición de cada uno a la hora de armar el prototipo, para que cada componente vaya en el lugar adecuado.

4.- Retirar alguna luminaria.

La cámara de germinación contiene el módulo de iluminación, para poder extraerlo de la parte superior del GERMINADOR, sujete bien la parte inferior del socket de conexión, y destornille con el desarmador adecuado.



ADVERTENCIA: Manipule con cuidado la luminaria. Tenga cuidado de no rasgar o tocar ningún contacto. Si se toca de manera brusca los contactos de conexión, se podría dañar la luminaria.

5.- Retirar el Ventilador.

Para ello verificar bien tomando nota de la posición y el estado del ventilador; requiere de mucho cuidado la extracción de este componente.

RECOMENDACIÓN: Tomar una foto de cómo iban conectado los cables para evitar después posibles cortocircuitos.

6.- Retirar la pantalla LCD.

Para este proceso se requiere que se diagrame y tome nota de todos los movimientos que se realiza, porque es difícil que se recuerde las posiciones de los cables, para que a la hora de volverlos a colocar no se los coloque en distinta posición. Con mucho cuidado retire la pantalla LCD de la tarjeta electrónica Arduino.

7.- Retirar la tarjeta electrónica Arduino del case.

Destornille la tarjeta electrónica con el desarmador adecuado evitando aislar los tornillos y con mucha precaución manipule este componente principal del GERMINADOR evitando tocar los componentes electrónicos.

8.- Limpieza de la tarjeta electrónica Arduino.

Con un spray soplador de aire comprimido o una pistola de aire frío comprimido sople en todo el entorno de la tarjeta electrónica, sujétela con la mayor precaución para evitar que el aire la haga caer y manipúlela evitando tocar los componentes electrónicos.



9.- Limpieza de la pantalla LCD.

La limpieza solo va a ser exterior, con un trapo humedecido en alcohol isopropílico limpie el display y alrededor de la pantalla LCD; utilice un hisopo humedecido en alcohol para las zonas de difícil acceso.

10.- Limpieza del ventilador.

Sujetando las astas del ventilador con un desarmador plano aplique aire comprimido para remover polvo e impurezas del ventilador.

11.- Limpieza del case de control.

Manipulando adecuadamente el case de control y sosteniéndolo con mucha firmeza, aplique aire comprimido en este componente. Después utilice un hisopo humedecido en alcohol para limpiar cada sector inaccesible, evite humedecer excesivamente el hisopo con alcohol, la ventana de la cámara límpiela con mucho cuidado para no dejar residuos de pelusa o alcohol en la superficie de su circunferencia.

12.- Limpieza del case del GERMINADOR.

Aplique aire comprimido en toda la superficie del case o chasis del prototipo GERMINADOR, una vez que constate que no haya residuos de polvo u otras impurezas; limpie con un trapo humedecido en alcohol todo el case, evitando dejar pelusas o excesos de alcohol en alguna ranura o espacio del chasis.

13.- Reemplazo de algún componente del GERMINADOR.

Si el prototipo dejó de operar de manera correcta, o usted nota que alguno de los componentes ya no trabaja de manera nominal u óptima. Desmonte el GERMINADOR y verifique el estado de cada componente. Si constata a simple vista la avería de algún elemento electrónico por su coloración u olor a cortocircuito reemplace, el módulo com-



pleto. Al no tener un valor económico excesivo en los componentes del GERMINADOR, es preferible reemplazar todo el módulo o componente, a un elemento electrónico.

14.- Ensamble el GERMINADOR.

Arme el GERMINADOR ensamblando los componentes según la diagramación o anotaciones realizadas en el desmontaje; manipule cada componente con mucho cuidado, además coloque los tornillos y los cables de conexión en la posición correcta.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**FACULTAD DE CIENCIAS DE LAS INGENIERÍAS Y
APLICADAS**TITULACIÓN:

GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

ESTUDIO LUMINOTÉCNICO**GERMINADOR**
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
INGENIERÍA ELECTROMECÁNICATÍTULO:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA AUTOMATIZADA DE
GERMINACIÓN DE CERALES PARA LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES DE LA UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE COTOPAXI”

AUTORES:

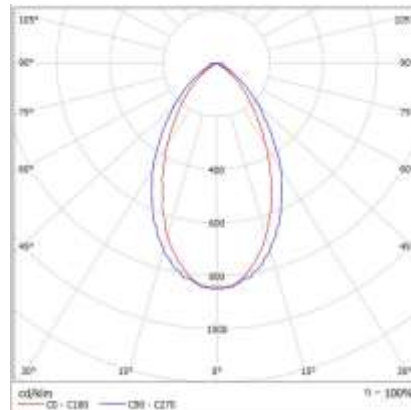
Oswaldo de Jesús Salazar Vargas

Edison Vargas Toaquiza



PHILIPS BBG150 1xLED50/WW / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 75 94 97 100 100

LED Marker BBG150/151/152 – Reliable landscape lighting for harmonious city living People want to create a pleasant atmosphere around their property – something that will catch visitors' attention, make them feel good and want to come back again. They would like to be able to create an appealing ambience at minimum cost, though without compromising on the quality of the lighting. Combining a simple design with reliable lighting performance, this low-cost white-light LED marker delivers a glare-free soft light effect.

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR											
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local	Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara					
X	Y										
2H	2H	9.3	10.2	9.5	10.4	10.6	11.5	12.4	11.7	12.6	12.8
	3H	9.8	10.7	10.1	10.9	11.2	11.5	12.3	11.8	12.6	12.8
	4H	10.5	11.3	10.8	11.6	11.9	11.6	12.4	11.9	12.6	12.9
	6H	11.6	12.3	11.9	12.6	12.9	11.7	12.4	12.0	12.7	13.0
	8H	12.2	13.0	12.6	13.3	13.6	11.8	12.5	12.1	12.8	13.1
12H	13.1	13.8	13.5	14.1	14.5	11.9	12.6	12.3	12.9	13.2	
4H	2H	9.3	10.1	9.7	10.4	10.7	11.4	12.2	11.7	12.4	12.7
	3H	9.9	10.6	10.3	10.9	11.2	11.5	12.2	11.8	12.5	12.8
	4H	10.8	11.4	11.2	11.7	12.1	11.7	12.3	12.1	12.6	13.0
	6H	12.3	12.8	12.7	13.2	13.6	12.1	12.6	12.5	13.0	13.4
	8H	13.4	13.8	13.8	14.2	14.6	12.4	12.9	12.8	13.3	13.7
12H	14.6	15.0	15.0	15.4	15.8	12.8	13.2	13.2	13.6	14.0	
8H	4H	10.9	11.4	11.3	11.7	12.1	11.8	12.2	12.2	12.6	13.0
	6H	12.5	12.9	12.9	13.3	13.7	12.4	12.8	12.9	13.2	13.7
	8H	13.7	14.1	14.2	14.5	15.0	13.0	13.3	13.4	13.8	14.2
	12H	15.5	15.7	15.9	16.2	16.7	13.8	14.1	14.3	14.5	15.0
12H	4H	10.9	11.4	11.4	11.8	12.2	11.8	12.2	12.2	12.6	13.0
	6H	12.6	12.9	13.1	13.4	13.9	12.5	12.9	13.0	13.3	13.8
	8H	13.9	14.1	14.3	14.6	15.1	13.2	13.5	13.7	14.0	14.5
Valoración de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H	+0.3 / -0.4					+0.4 / -0.7					
S = 1.5H	+0.7 / -1.0					+1.2 / -1.6					
S = 2.0H	+1.2 / -1.3					+2.4 / -2.5					
Tabla estándar	---					---					
Sumando de corrección	---					---					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 33H: $UGR_{corrected}$											

PHILIPS BBG150 1xLED50/WW / Tabla UGRLuminaria: PHILIPS BBG150 1xLED50/WW
Lámparas: 1 x LED50/WW/-

Valoración de deslumbramiento según UGR											
ρ Techo		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30
ρ Paredes		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30
ρ Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamaño del local		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara				
X	Y										
2H	2H	9.3	10.2	9.5	10.4	10.6	11.5	12.4	11.7	12.6	12.8
	3H	9.8	10.7	10.1	10.9	11.2	11.5	12.3	11.8	12.6	12.8
	4H	10.5	11.3	10.8	11.6	11.9	11.6	12.4	11.9	12.6	12.9
	6H	11.6	12.3	11.9	12.6	12.9	11.7	12.4	12.0	12.7	13.0
	8H	12.2	13.0	12.6	13.3	13.6	11.8	12.5	12.1	12.8	13.1
	12H	13.1	13.8	13.5	14.1	14.5	11.9	12.6	12.3	12.9	13.2
4H	2H	9.3	10.1	9.7	10.4	10.7	11.4	12.2	11.7	12.4	12.7
	3H	9.9	10.6	10.3	10.9	11.2	11.5	12.2	11.8	12.5	12.8
	4H	10.8	11.4	11.2	11.7	12.1	11.7	12.3	12.1	12.6	13.0
	6H	12.3	12.8	12.7	13.2	13.6	12.1	12.6	12.5	13.0	13.4
	8H	13.4	13.8	13.8	14.2	14.6	12.4	12.9	12.8	13.3	13.7
	12H	14.6	15.0	15.0	15.4	15.8	12.8	13.2	13.2	13.6	14.0
8H	4H	10.9	11.4	11.3	11.7	12.1	11.8	12.2	12.2	12.6	13.0
	6H	12.5	12.9	12.9	13.3	13.7	12.4	12.8	12.9	13.2	13.7
	8H	13.7	14.1	14.2	14.5	15.0	13.0	13.3	13.4	13.8	14.2
	12H	15.5	15.7	15.9	16.2	16.7	13.8	14.1	14.3	14.5	15.0
12H	4H	10.9	11.4	11.4	11.8	12.2	11.8	12.2	12.2	12.6	13.0
	6H	12.6	12.9	13.1	13.4	13.9	12.5	12.9	13.0	13.3	13.8
	8H	13.9	14.1	14.3	14.6	15.1	13.2	13.5	13.7	14.0	14.5
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H		+0.3 / -0.4					+0.4 / -0.7				
S = 1.5H		+0.7 / -1.0					+1.2 / -1.6				
S = 2.0H		+1.2 / -1.3					+2.4 / -2.5				
Tabla estándar		---					---				
Sumando de corrección		---					---				
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 33lm Flujo luminoso total											

Los valores UGR se calculan según CIE Publ. 117. Spacing-to-Height-Ratio = 0.25.

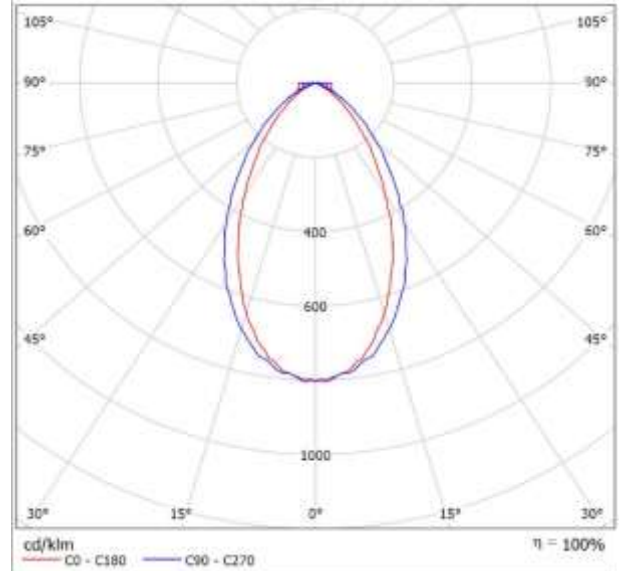
30.12.2017

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

PHILIPS BBG150 1xLED50/NW / Hoja de datos de luminarias



Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 100
Código CIE Flux: 72 91 96 100 100

LED Marker BBG150/151/152 – Reliable landscape lighting for harmonious city living People want to create a pleasant atmosphere around their property – something that will catch visitors’ attention, make them feel good and want to come back again. They would like to be able to create an appealing ambience at minimum cost, though without compromising on the quality of the lighting. Combining a simple design with reliable lighting performance, this low-cost white-light LED marker delivers a glare-free soft light effect.

Emisión de luz 1:

Valoración de deslumbramiento según UGR											
		70	70	50	50	30	30	70	50	50	30
∅ Techo		70	70	50	50	30	30	70	50	50	30
∅ Paredes		50	30	50	30	30	30	50	30	50	30
∅ Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Tamaño del local		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara				
X	Y										
2H	2H	10.1	11.1	10.4	11.3	11.5	12.2	13.2	12.5	13.4	13.7
	3H	10.4	11.3	10.7	11.6	11.8	12.3	13.2	12.6	13.4	13.7
	4H	11.2	12.0	11.5	12.3	12.5	12.7	13.6	13.0	13.8	14.1
	6H	12.5	13.3	12.9	13.6	13.9	13.5	14.3	13.8	14.6	14.9
	8H	13.6	14.3	13.9	14.6	14.9	14.1	14.8	14.4	15.1	15.4
12H	14.9	15.6	15.3	15.9	16.3	14.9	15.6	15.3	16.0	16.3	
4H	2H	10.2	11.1	10.6	11.3	11.6	12.2	13.1	12.5	13.3	13.6
	3H	10.8	11.5	11.2	11.8	12.2	12.5	13.2	12.9	13.5	13.9
	4H	11.6	12.2	12.0	12.6	12.9	13.3	13.9	13.7	14.3	14.6
	6H	13.0	13.6	13.4	13.9	14.3	14.4	14.9	14.8	15.3	15.7
	8H	14.1	14.6	14.6	15.0	15.4	15.1	15.6	15.5	16.0	16.4
12H	15.7	16.2	16.1	16.6	17.0	16.2	16.6	16.6	17.0	17.5	
8H	4H	12.1	12.6	12.5	13.0	13.4	13.6	14.2	14.1	14.5	14.9
	6H	13.6	14.1	14.1	14.5	14.9	15.3	15.7	15.8	16.2	16.6
	8H	14.8	15.1	15.2	15.6	16.1	16.4	16.7	16.8	17.2	17.7
	12H	16.3	16.7	16.8	17.1	17.6	17.6	17.9	18.1	18.4	18.9
	12H	4H	12.4	12.8	12.8	13.2	13.7	13.7	14.1	14.1	14.5
6H		14.0	14.4	14.5	14.8	15.3	15.5	15.8	15.9	16.3	16.8
8H		15.2	15.5	15.7	16.0	16.5	16.7	17.1	17.2	17.5	18.0
Variación de la posición del espectador para separaciones 0 entre luminarias:											
S = 1.0H			+0.3	/	-0.4		+0.2	/	-0.3		
S = 1.5H		+0.7	/	-0.9		+0.4	/	-0.6			
S = 2.0H		+1.5	/	-1.5		+1.1	/	-1.3			
Tabla estándar		---					---				
Sumando de corrección		---					---				
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 40lm Flujo luminoso total											

30.12.2017

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

PHILIPS BBG150 1xLED50/NW / Tabla UGR

Luminaria: PHILIPS BBG150 1xLED50/NW
Lámparas: 1 x LED50/NW/-

Valoración de deslumbramiento según UGR											
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara				
2H	2H	10.1	11.1	10.4	11.3	11.5	12.2	13.2	12.5	13.4	13.7
	3H	10.4	11.3	10.7	11.6	11.8	12.3	13.2	12.6	13.4	13.7
	4H	11.2	12.0	11.5	12.3	12.5	12.7	13.6	13.0	13.8	14.1
	6H	12.5	13.3	12.9	13.6	13.9	13.5	14.3	13.8	14.6	14.9
	8H	13.6	14.3	13.9	14.6	14.9	14.1	14.8	14.4	15.1	15.4
	12H	14.9	15.6	15.3	15.9	16.3	14.9	15.6	15.3	16.0	16.3
4H	2H	10.2	11.1	10.6	11.3	11.6	12.2	13.1	12.5	13.3	13.6
	3H	10.8	11.5	11.2	11.8	12.2	12.5	13.2	12.9	13.5	13.9
	4H	11.6	12.2	12.0	12.6	12.9	13.3	13.9	13.7	14.3	14.6
	6H	13.0	13.6	13.4	13.9	14.3	14.4	14.9	14.8	15.3	15.7
	8H	14.1	14.6	14.6	15.0	15.4	15.1	15.6	15.5	16.0	16.4
	12H	15.7	16.2	16.1	16.6	17.0	16.2	16.6	16.6	17.0	17.5
8H	4H	12.1	12.6	12.5	13.0	13.4	13.6	14.2	14.1	14.5	14.9
	6H	13.6	14.1	14.1	14.5	14.9	15.3	15.7	15.8	16.2	16.6
	8H	14.8	15.1	15.2	15.6	16.1	16.4	16.7	16.8	17.2	17.7
	12H	16.3	16.7	16.8	17.1	17.6	17.6	17.9	18.1	18.4	18.9
12H	4H	12.4	12.8	12.8	13.2	13.7	13.7	14.1	14.1	14.5	15.0
	6H	14.0	14.4	14.5	14.8	15.3	15.5	15.8	15.9	16.3	16.8
	8H	15.2	15.5	15.7	16.0	16.5	16.7	17.1	17.2	17.5	18.0
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H	+0.3 / -0.4					+0.2 / -0.3					
S = 1.5H	+0.7 / -0.9					+0.4 / -0.6					
S = 2.0H	+1.5 / -1.5					+1.1 / -1.3					
Tabla estándar	---					---					
Sumando de corrección	---					---					
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 40lm Flujo luminoso total											

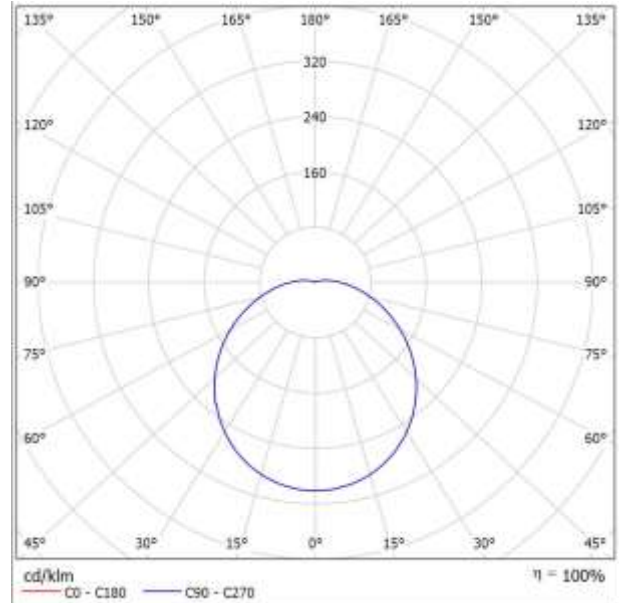
Los valores UGR se calculan según CIE Publ. 117. Spacing-to-Height-Ratio = 0.25.

30.12.2017

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

PHILIPS WL120V LED12S/830 / Hoja de datos de luminarias

Emisión de luz 1:



Clasificación luminarias según CIE: 95
Código CIE Flux: 43 72 91 95 100

CoreLine Aplique: Fácil uso mediante controles integrados Tanto si se trata de un nuevo edificio como de un espacio rehabilitado, los clientes prefieren soluciones de iluminación que combinen luz de calidad con un sustancial ahorro de energía y de mantenimiento. El nuevo aplique de la gama de productos CoreLine LED se puede usar para sustituir luminarias de montaje en pared o techo tradicionales con lámparas fluorescentes compactas. El proceso de selección, instalación y mantenimiento es sencillísimo

Emisión de luz 1

Valoración de deslumbramiento según UGR											
		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30
Techo		70	70	50	50	30	70	70	50	50	30
Paredes		50	30	50	30	30	50	30	50	30	30
Suelo		20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Templeto del local		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara				
X	Y										
2H	2H	57,4	58,7	57,8	59,1	59,4	57,4	58,7	57,8	59,0	59,4
	3H	59,3	60,5	59,7	60,9	61,2	59,3	60,5	59,7	60,8	61,2
	4H	60,2	61,4	60,6	61,8	62,1	60,2	61,4	60,6	61,7	62,1
	6H	61,2	62,2	61,6	62,6	63,1	61,2	62,2	61,6	62,6	63,0
	8H	61,7	62,7	62,1	63,1	63,5	61,6	62,7	62,1	63,1	63,5
12H	62,2	63,2	62,6	63,6	64,0	62,2	63,2	62,6	63,6	64,0	
4H	2H	58,1	59,3	58,6	59,7	60,1	58,1	59,3	58,6	59,7	60,0
	3H	60,3	61,3	60,7	61,7	62,1	60,3	61,2	60,7	61,7	62,1
	4H	61,4	62,3	61,8	62,7	63,2	61,4	62,2	61,8	62,7	63,1
	6H	62,5	63,3	63,0	63,7	64,2	62,5	63,3	63,0	63,7	64,2
	8H	63,1	63,8	63,6	64,3	64,8	63,1	63,8	63,6	64,3	64,8
12H	63,7	64,4	64,2	64,9	65,4	63,7	64,4	64,2	64,9	65,4	
8H	4H	61,8	62,6	62,3	63,0	63,6	61,8	62,6	62,3	63,0	63,5
	6H	63,2	63,8	63,7	64,3	64,9	63,2	63,8	63,7	64,3	64,9
	8H	64,0	64,5	64,5	65,0	65,6	64,0	64,5	64,5	65,0	65,6
	12H	64,8	65,3	65,4	65,8	66,4	64,8	65,3	65,3	65,8	66,4
	12H	65,9	62,6	62,4	63,1	63,6	61,9	62,6	62,4	63,1	63,6
6H	63,4	63,9	63,9	64,4	65,0	63,4	63,9	63,9	64,4	65,0	
8H	64,2	64,7	64,8	65,2	65,8	64,2	64,7	64,8	65,2	65,8	
Variación de la posición del espectador para operaciones % entre luminarias											
S = 1,0H		+0,1 / -0,1					+0,1 / -0,1				
S = 1,5H		+0,2 / -0,2					+0,2 / -0,2				
S = 2,0H		+0,3 / -0,3					+0,3 / -0,3				
Tabla estándar		8K09					8K09				
Sumando de deslumbramiento		47,7					47,6				
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 1200lm flujo luminoso total											

30.12.2017

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

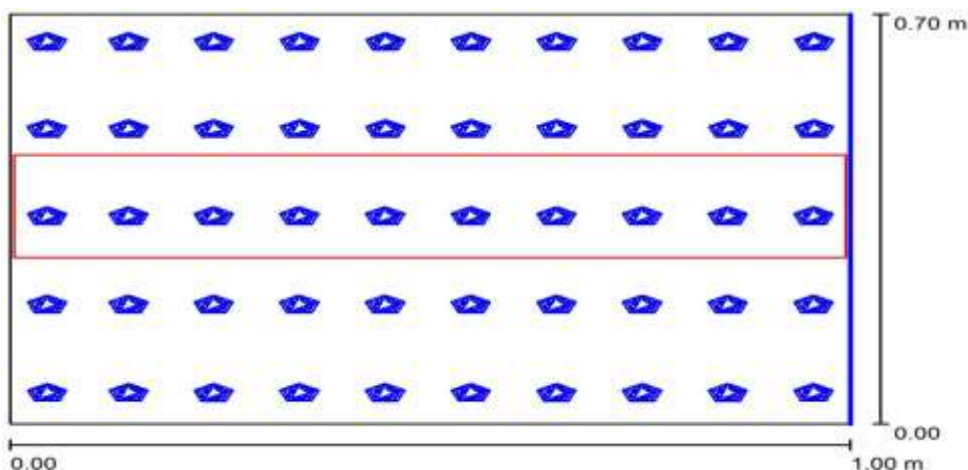
PHILIPS WL120V LED12S/830 / Tabla UGR

Luminaria: PHILIPS WL120V LED12S/830
Lámparas: 1 x LED12S/830/-

Valoración de deslumbramiento según UGR											
ρ Techo	70	70	50	50	30	70	70	50	50	30	
ρ Paredes	50	30	50	30	30	50	30	50	30	30	
ρ Suelo	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	
Tamaño del local X Y		Mirado en perpendicular al eje de lámpara					Mirado longitudinalmente al eje de lámpara				
2H	2H	57.4	58.7	57.8	59.1	59.4	57.4	58.7	57.8	59.0	59.4
	3H	59.3	60.5	59.7	60.9	61.2	59.3	60.5	59.7	60.8	61.2
	4H	60.2	61.4	60.6	61.8	62.1	60.2	61.4	60.6	61.7	62.1
	6H	61.2	62.2	61.6	62.6	63.1	61.2	62.2	61.6	62.6	63.0
	8H	61.7	62.7	62.1	63.1	63.5	61.6	62.7	62.1	63.1	63.5
	12H	62.2	63.2	62.6	63.6	64.0	62.2	63.2	62.6	63.6	64.0
4H	2H	58.1	59.3	58.6	59.7	60.1	58.1	59.3	58.6	59.7	60.0
	3H	60.3	61.3	60.7	61.7	62.1	60.3	61.2	60.7	61.7	62.1
	4H	61.4	62.3	61.8	62.7	63.2	61.4	62.2	61.8	62.7	63.1
	6H	62.5	63.3	63.0	63.7	64.2	62.5	63.3	63.0	63.7	64.2
	8H	63.1	63.8	63.6	64.3	64.8	63.1	63.8	63.6	64.3	64.8
	12H	63.7	64.4	64.2	64.9	65.4	63.7	64.4	64.2	64.9	65.4
8H	4H	61.8	62.6	62.3	63.0	63.6	61.8	62.6	62.3	63.0	63.5
	6H	63.2	63.8	63.7	64.3	64.9	63.2	63.8	63.7	64.3	64.9
	8H	64.0	64.5	64.5	65.0	65.6	63.9	64.5	64.5	65.0	65.6
	12H	64.8	65.3	65.4	65.8	66.4	64.8	65.3	65.3	65.8	66.4
12H	4H	61.9	62.6	62.4	63.1	63.6	61.9	62.6	62.4	63.1	63.6
	6H	63.4	63.9	63.9	64.4	65.0	63.4	63.9	63.9	64.4	65.0
	8H	64.2	64.7	64.8	65.2	65.8	64.2	64.7	64.8	65.2	65.8
Variación de la posición del espectador para separaciones S entre luminarias											
S = 1.0H		+0.1 / -0.1					+0.1 / -0.1				
S = 1.5H		+0.2 / -0.3					+0.2 / -0.3				
S = 2.0H		+0.3 / -0.5					+0.3 / -0.5				
Tabla estándar		BK09					BK09				
Sumando de corrección		47.7					47.6				
Índice de deslumbramiento corregido en relación a 1200lm Flujo luminoso total											

Los valores UGR se calculan según CIE Publ. 117. Spacing-to-Height-Ratio = 0.25.

Nivel superior / Resumen



Altura del local: 0.500 m, Altura de montaje: 0.615 m, Factor de mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:9

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	0.00	0.00	0.00	0.000
Suelo	80	4	13	11	0.292
Techo	80	19	0.68	30	0.036
Paredes (4)	80	26	15	49	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 1 x 1 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	PHILIPS BBG150 1xLED50/NW (1.000)	40	40	2.9
			Total: 40	Total: 40	

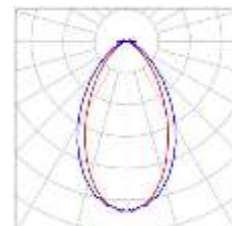
Valor de eficiencia energética: 4.14 W/m² = -1.00 W/m²/ lx (Base: 0.70 m²)

30.12.2017

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Nivel superior / Lista de luminarias

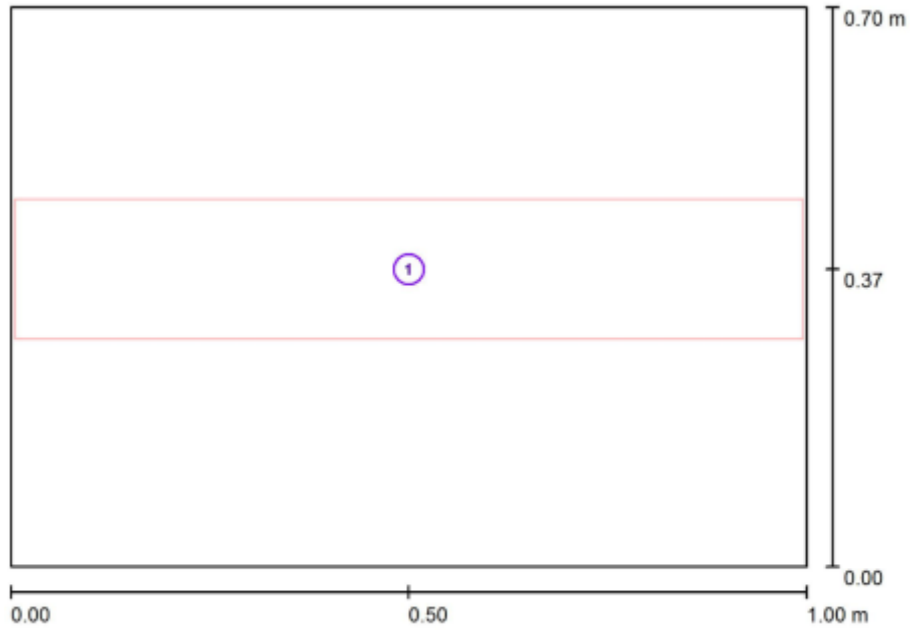
1 Pieza PHILIPS
BBG150
1xLED50/NW
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 40 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 40 lm
Potencia de las
luminarias: 2.9 W
Clasificación
luminarias según CIE:
100
Código CIE Flux: 72 91 96 100 100
Lámpara: 1 x LED50/NW/- (Factor de corrección
1.000).



30.12.2017

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Nivel superior / Luminarias (ubicación)



Escala 1: 8

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación
1	1	PHILIPS BBG150 1xLED50/NW

Nivel superior / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 40 lm
 Potencia total: 2.9 W
 Factor mantenimiento: 0.80
 Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m ²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	0.00	0.00	0.00	/	/
Suelo	30	1	45	8	11
Techo	0.00	19	19	80	4.81
Pared 1	6.0	2	26	8	6.70
Pared 2				80	
Pared 3	7.5	2	28	8	7.16
Pared 4	2.87	19	22	80	5.64

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_m : 0.000

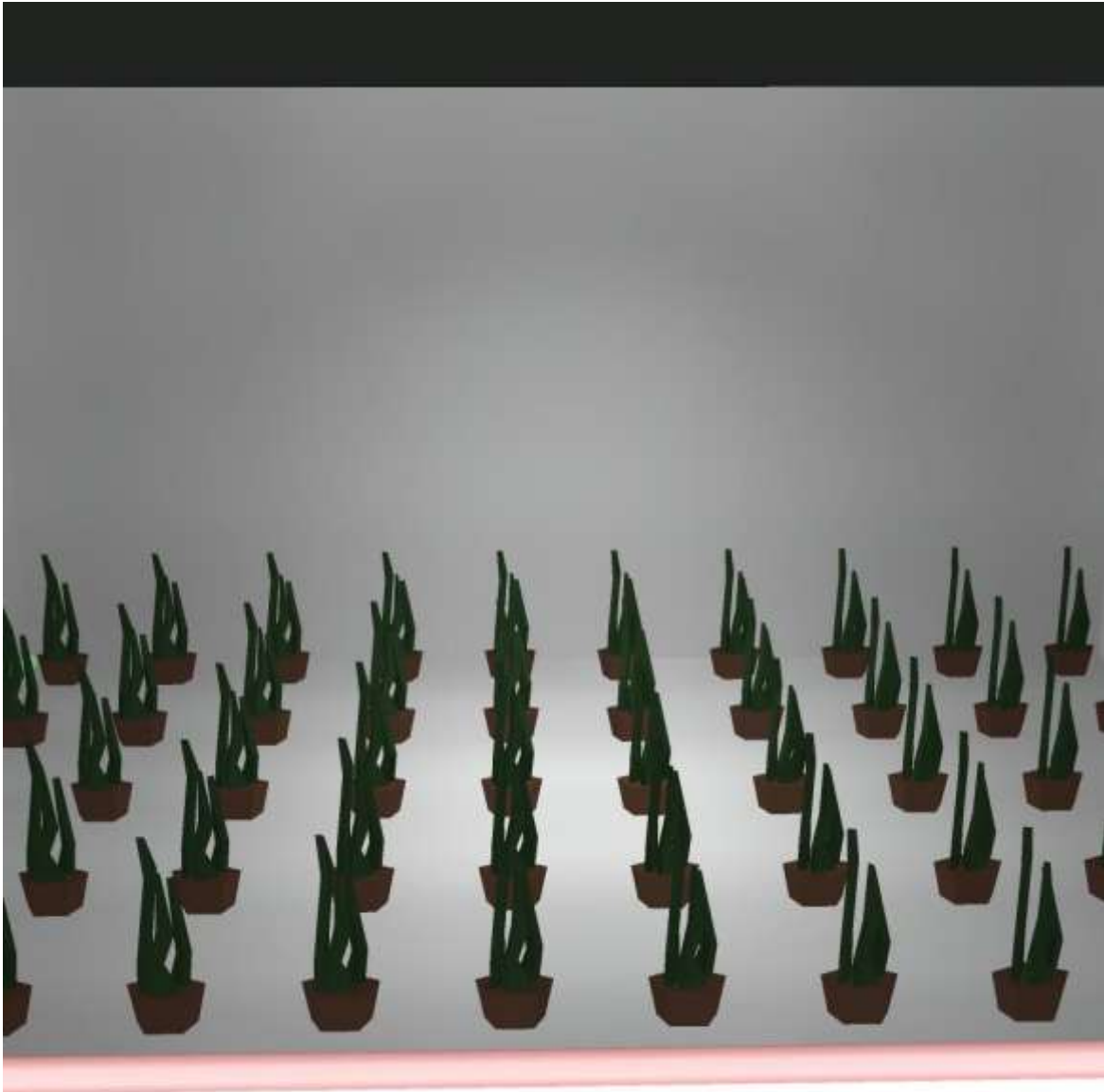
E_{\min} / E_{\max} : 0.000

Valor de eficiencia energética: 4.14 W/m² = -1.00 W/m²/ lx (Base: 0.70 m²)

30.12.2017

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

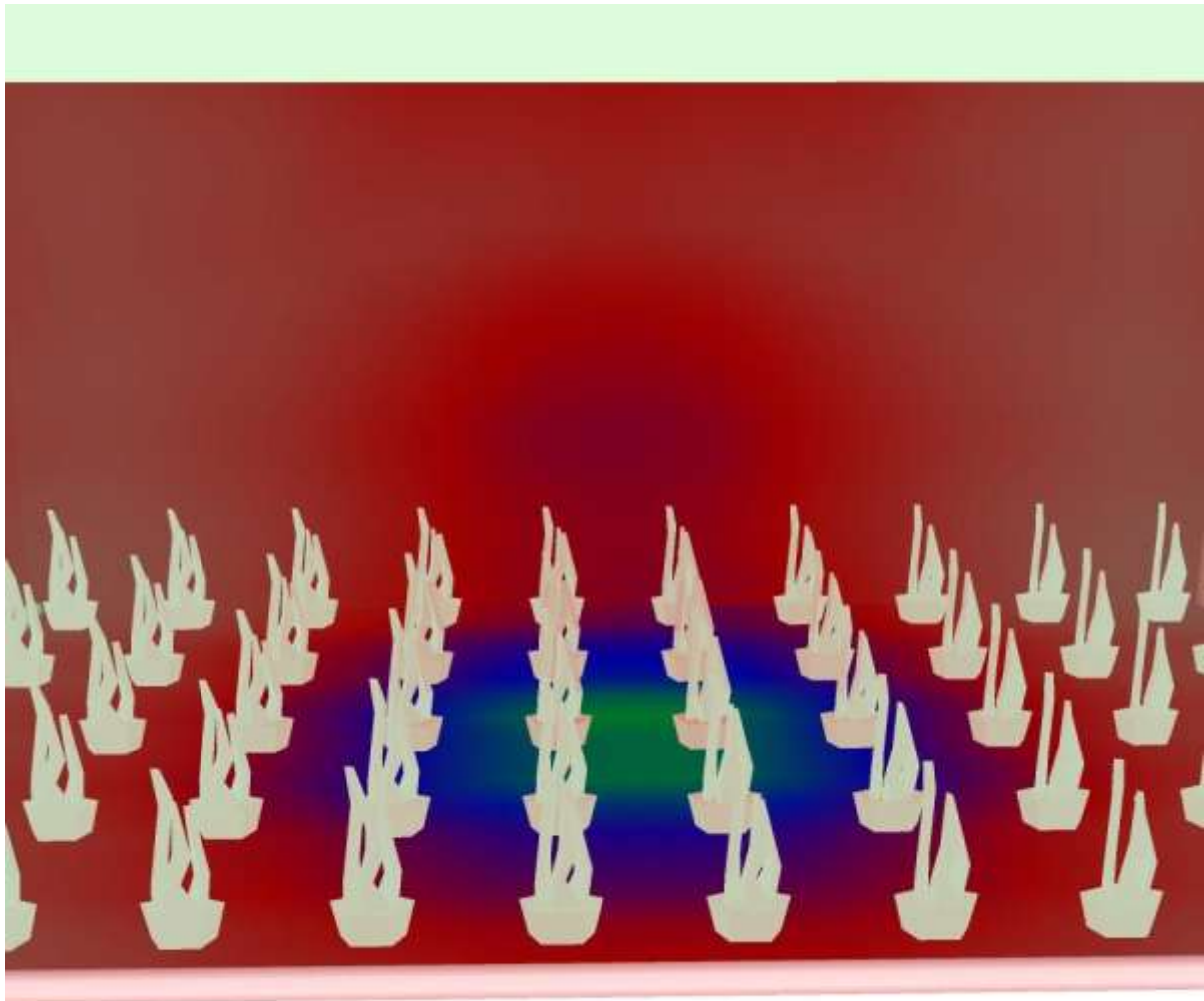
Nivel superior / Rendering (procesado) en 3D



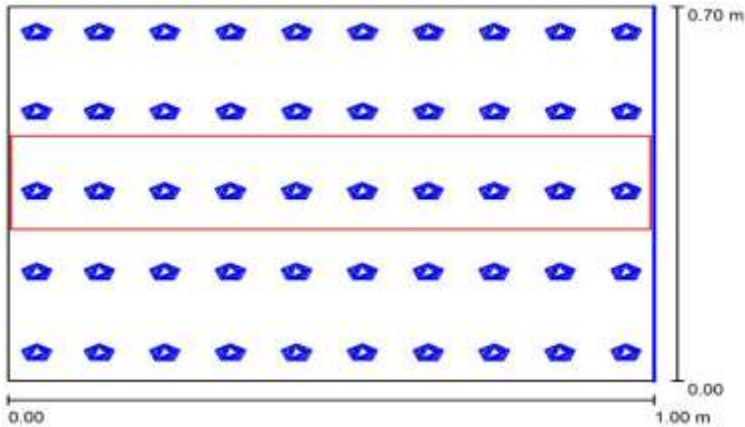
30.12.2017

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Nivel superior / Rendering (procesado) de colores falsos



Nivel medio / Resumen



Altura del local: 0.500 m, Altura de montaje: 0.615 m, Factor de mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:9

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	0.00	0.00	0.00	0.000
Suelo	80	3	10	10	0.275
Techo	80	16	0.53	25	0.034
Paredes (4)	80	21	12	41	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 1 x 1 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

2

Lista de piezas – Luminarias

Nº	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	PHILIPS BBG150 1xLED50/WW (1.000)	33	33	2.3

Total: 33

Total: 33

2.3

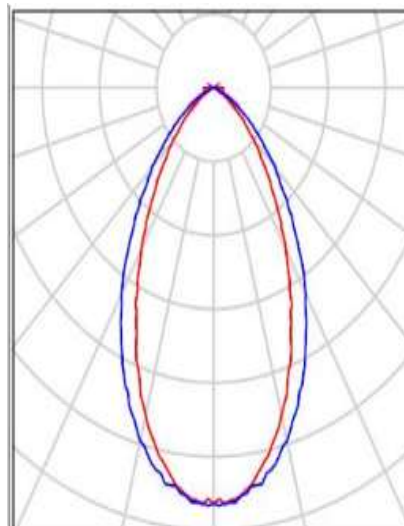
Valor de eficiencia energética: $3.29 \text{ W/m}^2 = -1.00 \text{ W/m}^2/\text{lx}$ (Base: 0.70 m^2)

30.12.2017

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Nivel medio / Lista de luminarias

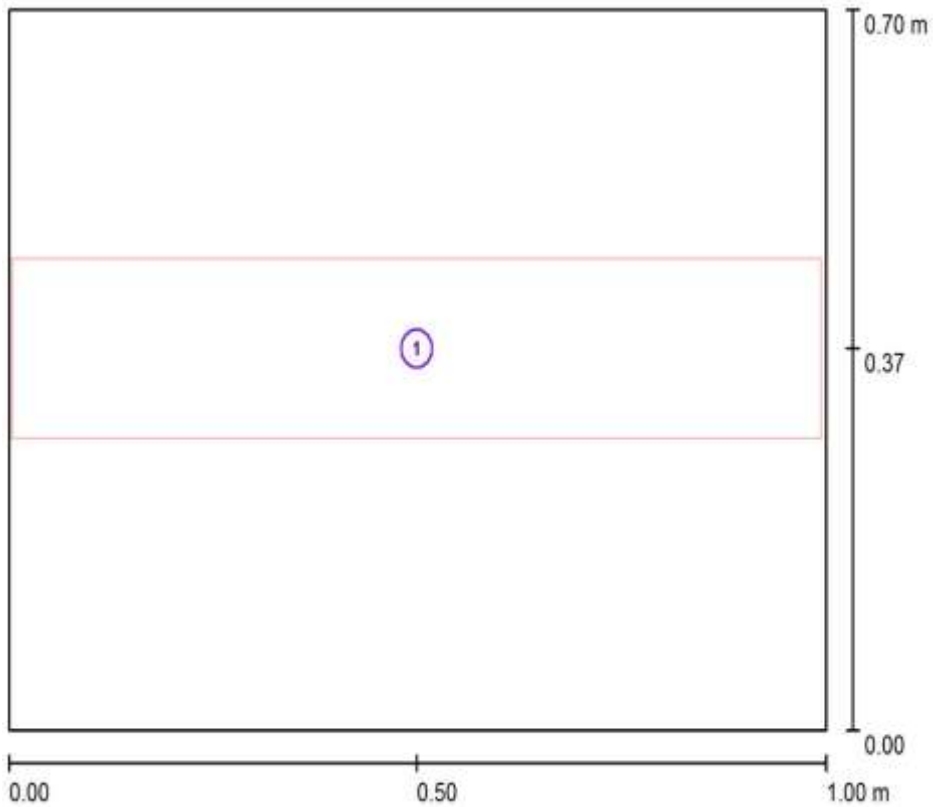
1 Pieza PHILIPS
BBG150
1xLED50/WW
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 33 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 33 lm
Potencia de las
luminarias: 2.3 W
Clasificación
luminarias según CIE:
100
Código CIE Flux: 75 94 97 100 100
Lámpara: 1 x LED50/WW/- (Factor de corrección
1.000).



30.12.2017

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Nivel medio / Luminarias (ubicación)



Escala 1: 8

Lista de piezas - Luminarias

Nº	Pieza	Designación
1	1	PHILIPS BBG150 1xLED50/WW

Nivel medio / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 33 lm
 Potencia total: 2.3 W
 Factor mantenimiento: 0.80
 Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m ²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	0.00	0.00	0.00	/	/
Suelo	30	1	45	8	11
Techo	0.00	19	19	80	4.81
Pared 1	6.0	2	26	8	6.70
Pared 2				80	
Pared 3	7.5	2	28	8	7.16
Pared 4	2.87	19	22	80	5.64

Simetrías en el plano útil

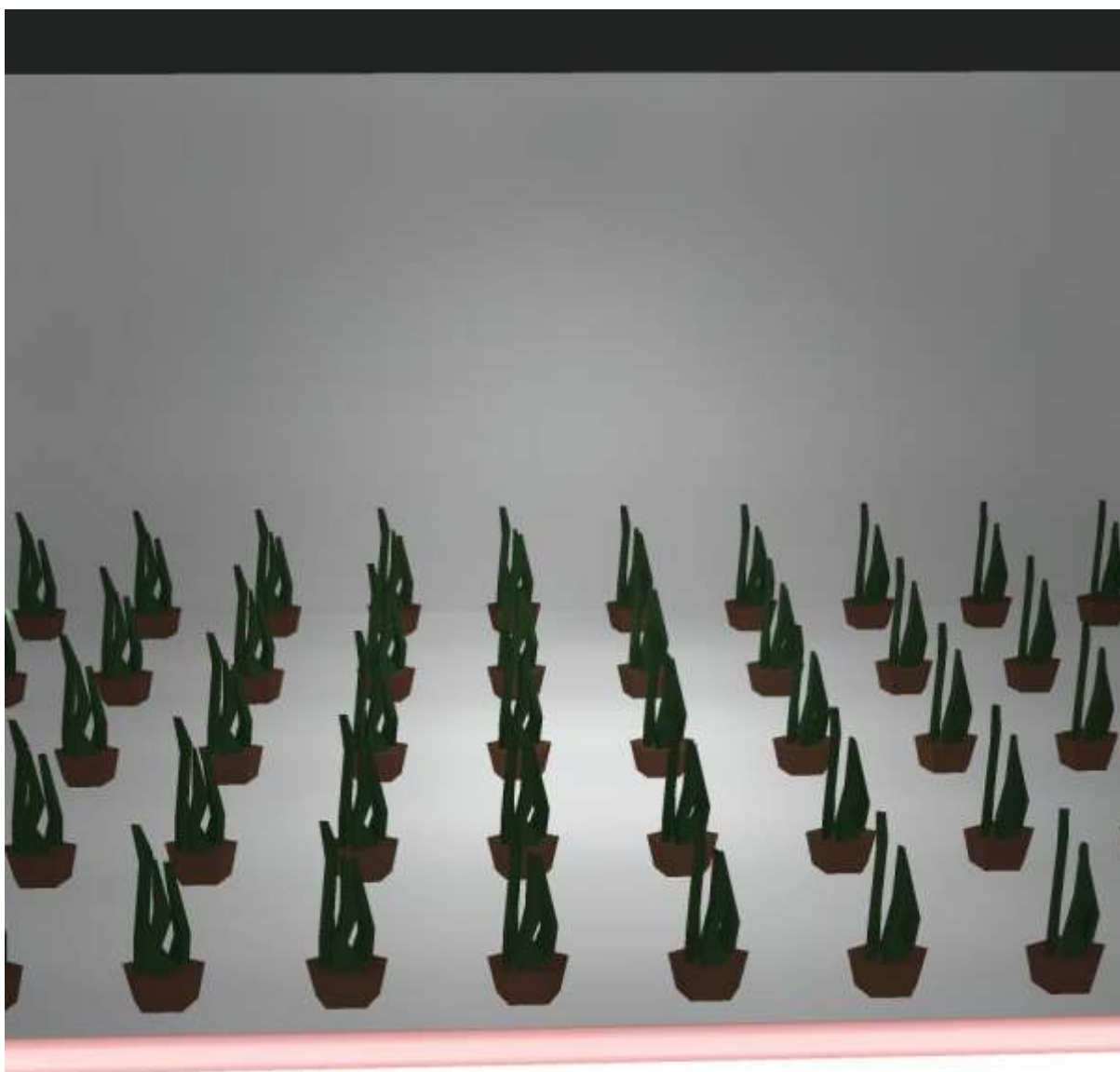
E_{\min} / E_m : 0.000

E_{\min} / E_{\max} : 0.000

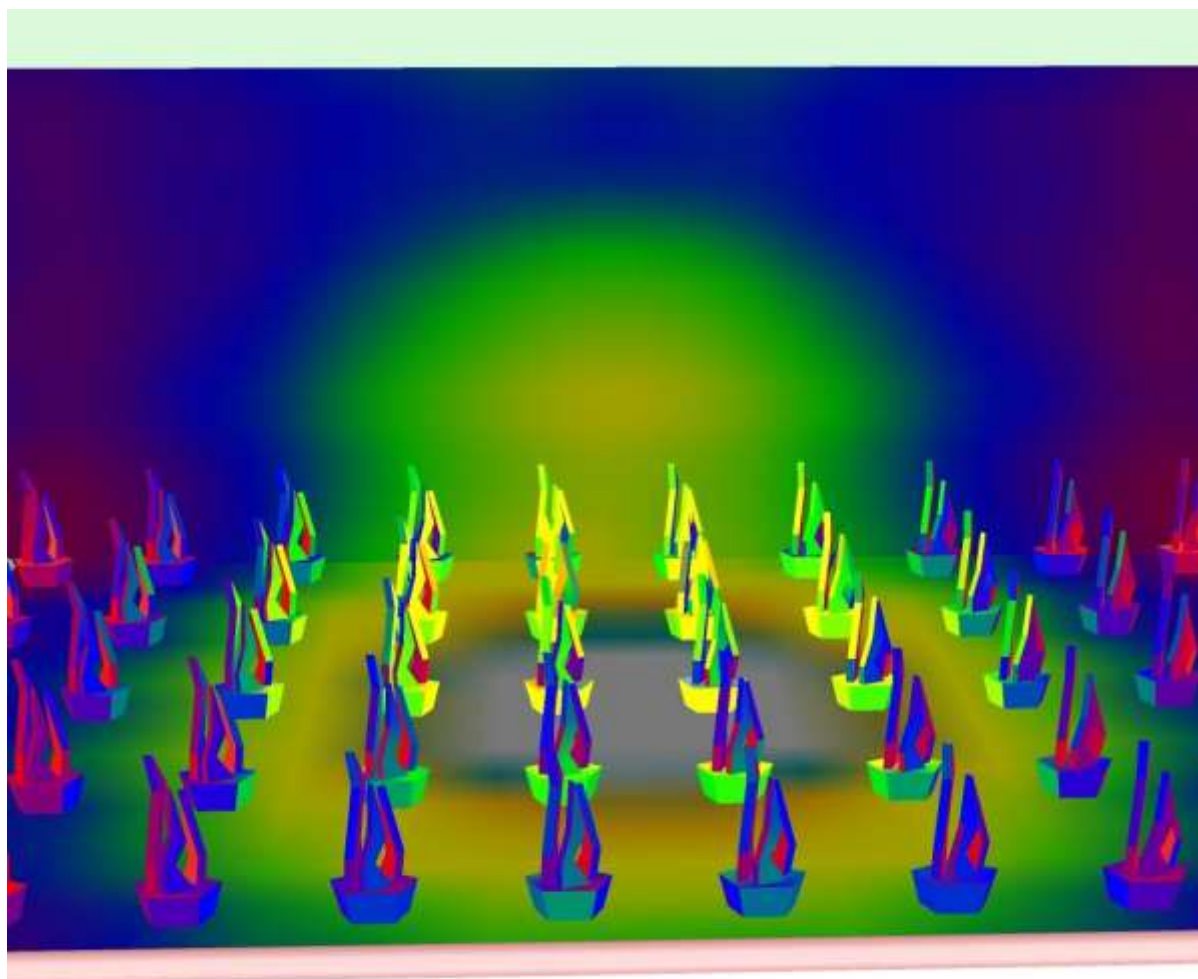
Valor de eficiencia energética: 3.29 W/m² = -1.00 W/m²/ lx (Base: 0.70 m²)

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Nivel medio / Rendering (procesado) en 3D



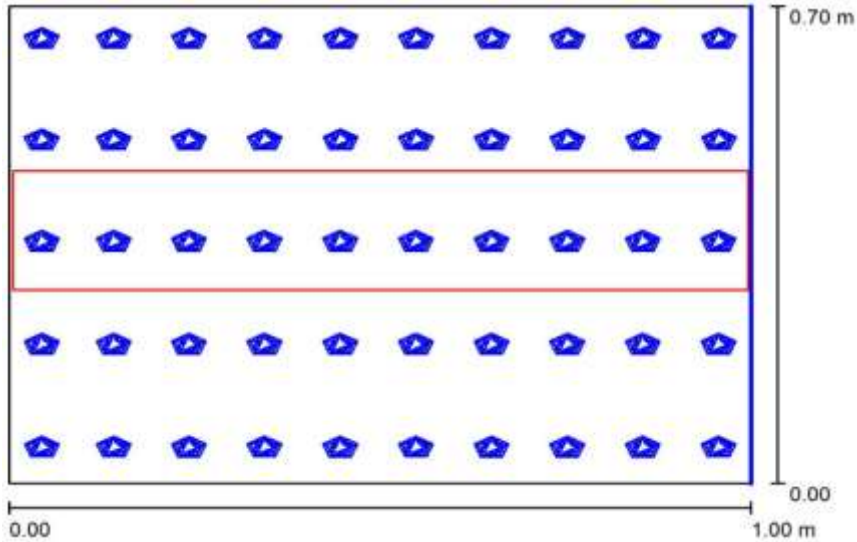
Nivel medio / Rendering (procesado) de colores falsos



0 10 20 30 40 50 60 70 80

lx

Nivel inferior / Resumen



Altura del local: 0.500 m, Altura de montaje: 0.615 m, Factor mantenimiento: 0.80

Valores en Lux, Escala 1:9

Superficie	ρ [%]	E_m [lx]	E_{min} [lx]	E_{max} [lx]	E_{min} / E_m
Plano útil	/	0.00	0.00	0.00	0.000
Suelo	80	3	10	10	0.276
Techo	80	16	0.54	25	0.035
Paredes (4)	80	21	12	41	/

Plano útil:

Altura: 0.850 m
Trama: 1 x 1 Puntos
Zona marginal: 0.000 m

Lista de piezas - Luminarias

N°	Pieza	Designación (Factor de corrección)	Φ (Luminaria) [lm]	Φ (Lámparas) [lm]	P [W]
1	1	PHILIPS BBG150 1xLED50/WW (1.000)	33	33	2.3

Total: 33

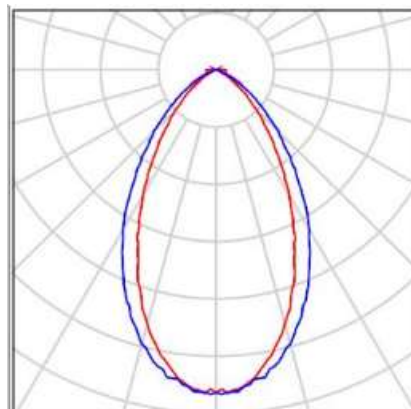
Total: 33

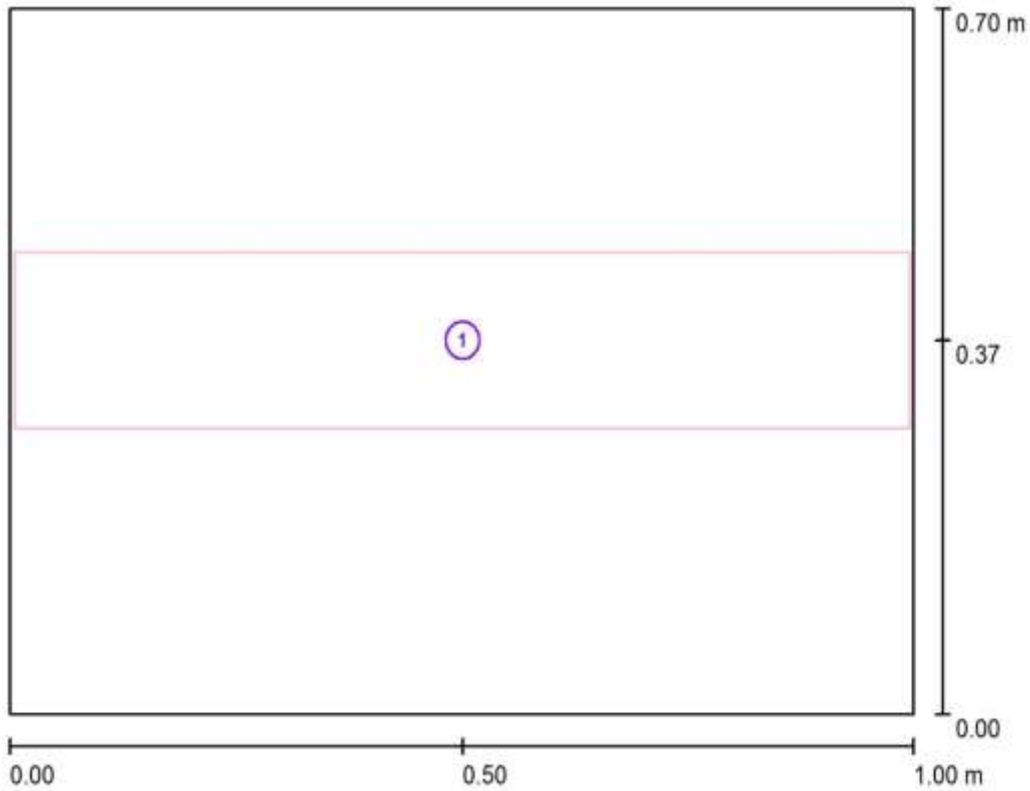
2.3

Valor de eficiencia energética: 3.29 W/m² = -1.00 W/m²/ lx (Base: 0.70 m²)

Nivel inferior / Lista de luminarias

1 Pieza PHILIPS
BBG150
1xLED50/WW
N° de artículo:
Flujo luminoso (Luminaria): 33 lm
Flujo luminoso (Lámparas): 33 lm
Potencia de las
luminarias: 2.3 W
Clasificación
luminarias según CIE:
100
Código CIE Flux: 75 94 97 100 100
Lámpara: 1 x LED50/WW/- (Factor de corrección
1.000).



Nivel inferior / Luminarias (ubicación)

Escala 1: 8

Lista de piezas – Luminarias

Nº	Pieza	Designación
1	1	PHILIPS BBG150 1xLED50/WW

30.12.2017

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Nivel inferior / Resultados luminotécnicos

Flujo luminoso total: 33 lm
Potencia total: 2.3 W
Factor mantenimiento: 0.80
Zona marginal: 0.000 m

Superficie	Intensidades lumínicas medias [lx]			Grado de reflexión [%]	Densidad lumínica media [cd/m ²]
	directo	indirecto	total		
Plano útil	0.00	0.00	0.00	/	/
Suelo	26	1	38	8	9.67
Techo	0.00	16	16	80	3.96
Pared 1	4.4	1	21	8	5.40
Pared 2				80	
Pared 3	5.5	1	23	8	5.74
Pared 4	2.18	16	18	80	4.58

Simetrías en el plano útil

E_{\min} / E_m : 0.000

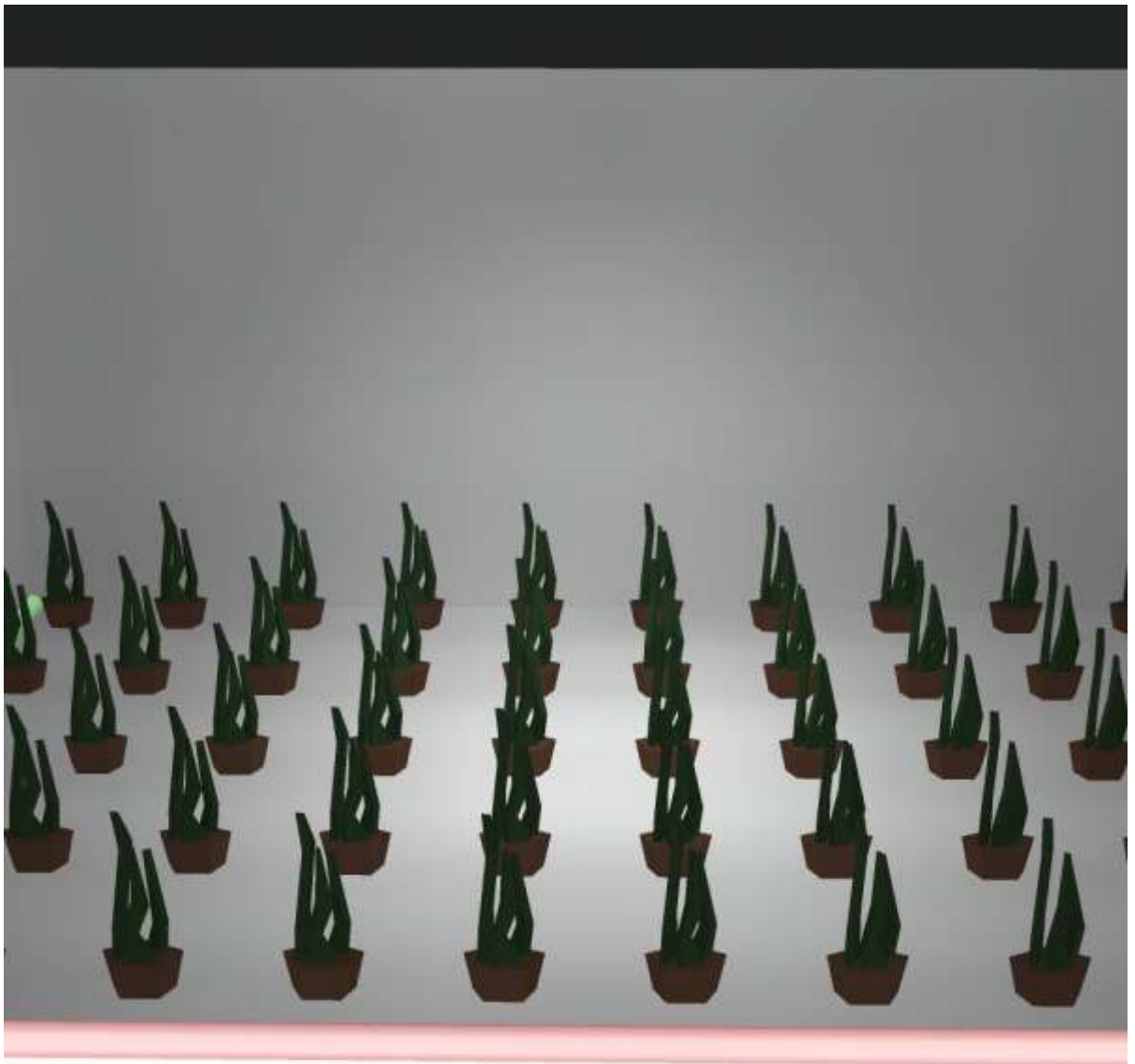
E_{\min} / E_{\max} : 0.000

Valor de eficiencia energética: $3.29 \text{ W/m}^2 = -1.00 \text{ W/m}^2 / \text{lx}$ (Base: 0.70 m^2)

30.12.2017

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

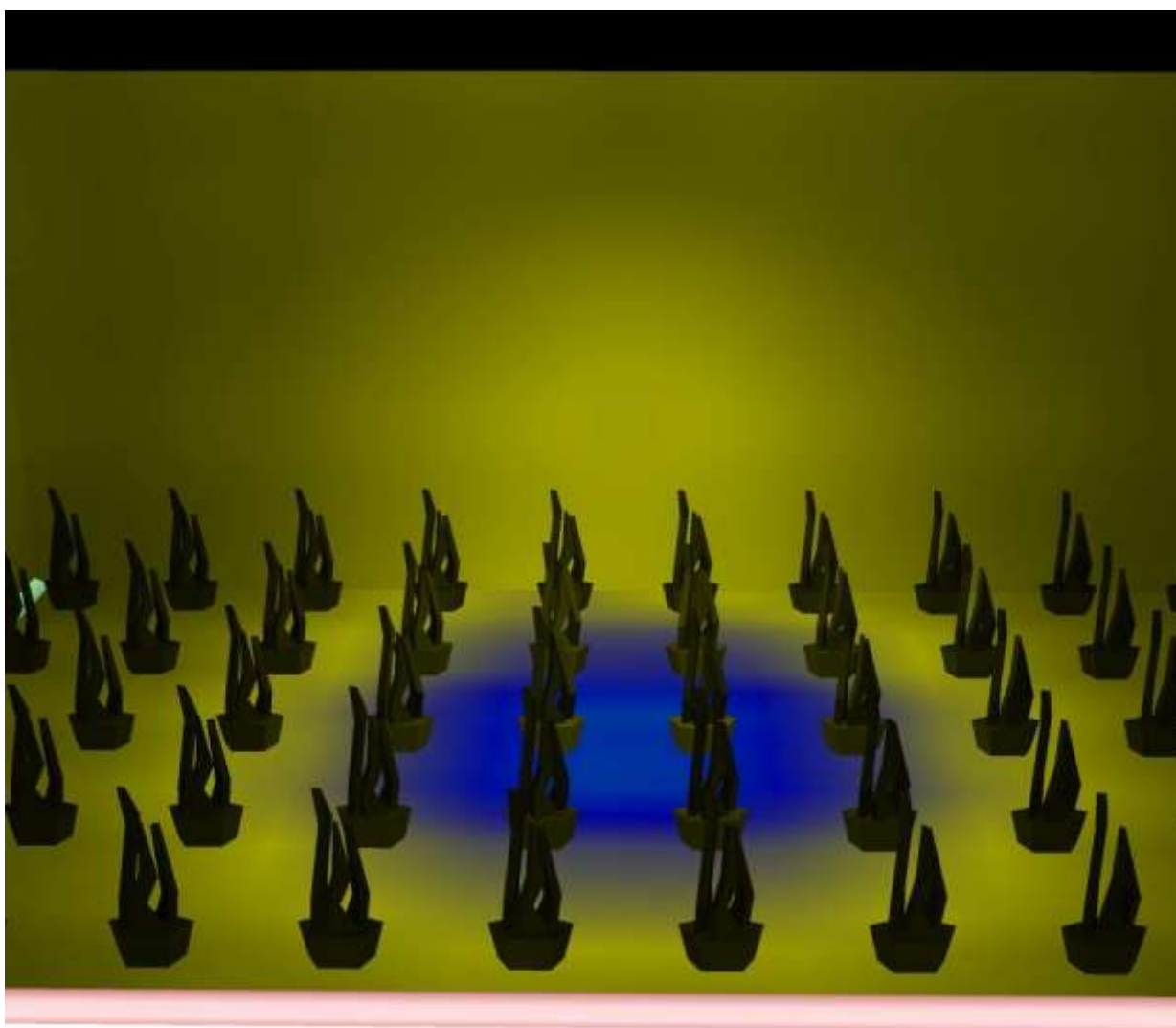
Nivel inferior / Rendering (procesado) en 3D



30.12.2017

Proyecto elaborado por
Teléfono
Fax
e-Mail

Nivel inferior / Rendering (procesado) de colores falsos



0 10 20 30 40 50 60 70 80 cd/m²

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**FACULTAD DE CIENCIAS DE LAS INGENIERÍAS Y
APLICADAS**

TITULACIÓN:

GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

DIAGRAMA ELÉCTRICO

GERMINADOR
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

TÍTULO:

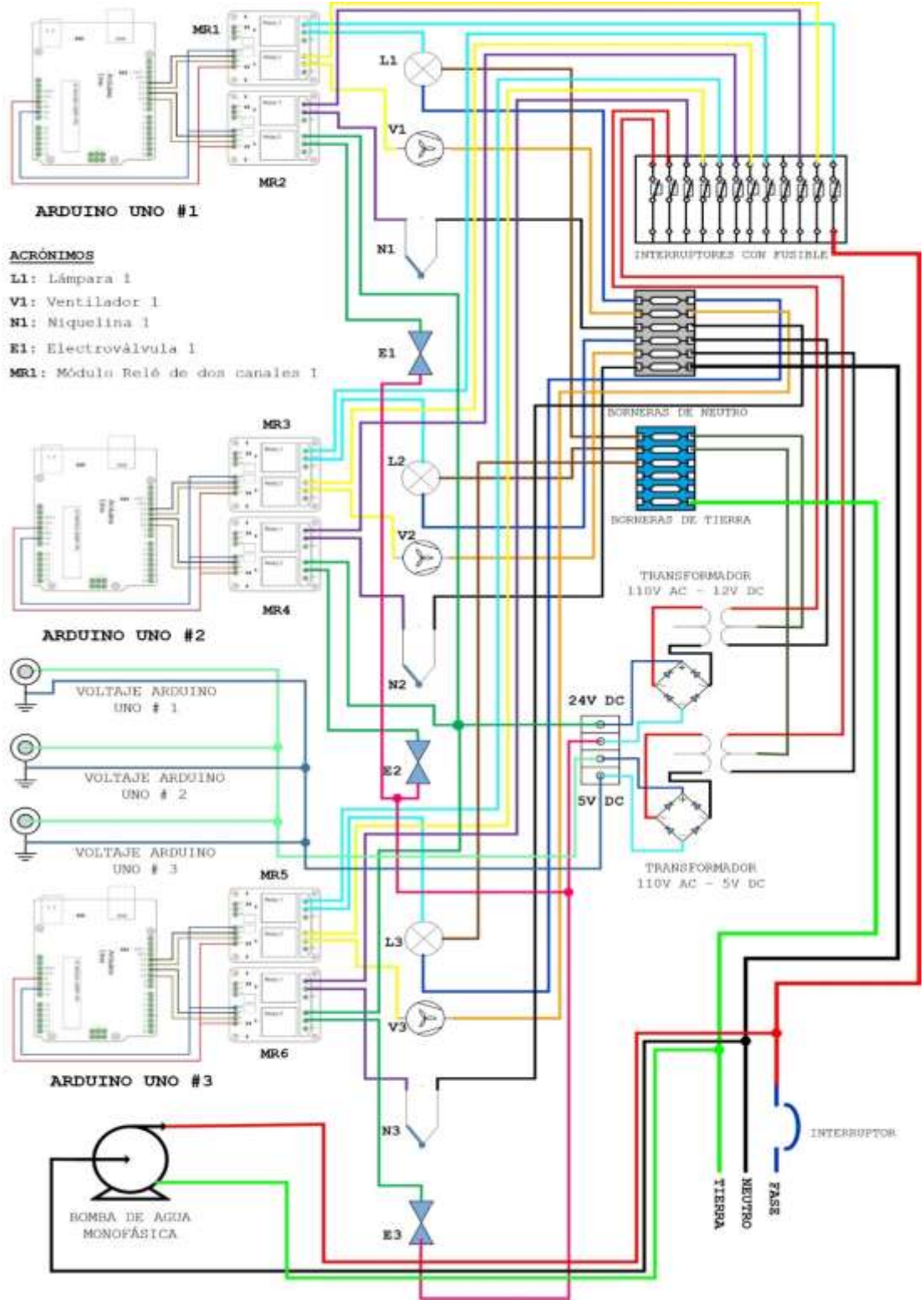
“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA AUTOMATIZADA DE GERMINACIÓN DE CERALES PARA LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”

AUTORES:

Oswaldo de Jesús Salazar Vargas

Edison Vargas Toaquiza





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**FACULTAD DE CIENCIAS DE LAS INGENIERÍAS Y
APLICADAS**

TITULACIÓN:

GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

DIAGRAMA ELECTRÓNICO

GERMINADOR
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

TÍTULO:

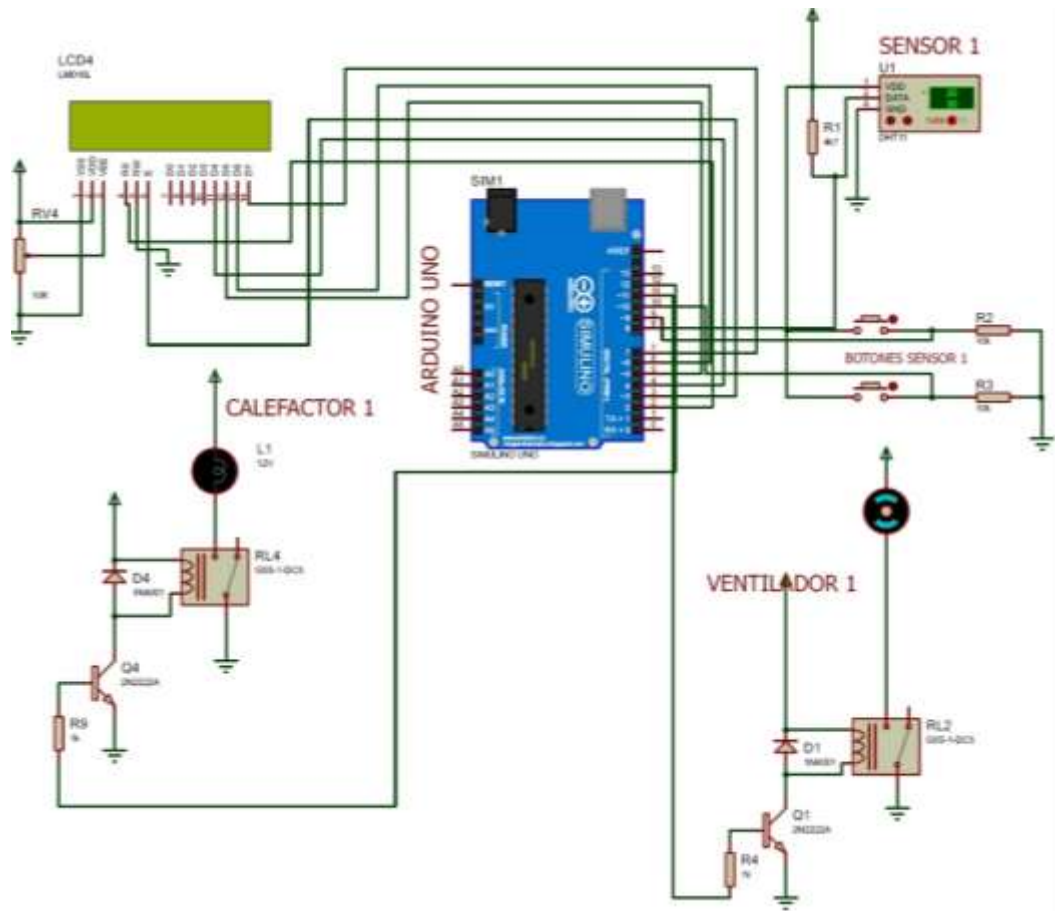
“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA AUTOMATIZADA DE
GERMINACIÓN DE CERALES PARA LA FACULTAD DE CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES DE LA UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE COTOPAXI”

AUTORES:

Oswaldo de Jesús Salazar Vargas

Edison Vargas Toaquiza





CÓDIGO DE PROGRAMACIÓN ARDUINO

```

/*INSTITUCIÓN:  UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
 FACULTAD:      FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS
 CARRERA:       INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA
 TEMA:          GERMINADOR AUTOMÁTIZADO
 AUTORES:       JESÚS SALAZAR, EDISON VARGAS*/

```

```

// librerías requeridas
#include <LiquidCrystal.h>
#include <DHT.h>

```

```

//VARIABLES PARA TRABAJAR CON EL SENSOR 1
const int dht11Pin = 8; // pin desde el sensor 1
const int botonMasPin = 9; // pin desde el boton mas
const int botonMenosPin = 10; // pin desde el boton menos
const int relayPin1 = 11; // pin al relay 1 (ventilador)
const int relayPin2 = 12; // pin al relay 2 (calefactor)
const int relayPin3 = 13; // pin al relay 3 (bomba de agua)

```



```

//VARIABLES PARA TRABAJAR CON EL SENSOR 2
const int dht11_2Pin = 22; // pin desde el sensor 1
const int botonMas_2Pin = 23; // pin desde el boton mas
const int botonMenos_2Pin = 24; // pin desde el boton menos
const int relay_2Pin1 = 25; // pin al relay 1 (ventilador)
const int relay_2Pin2 = 26; // pin al relay 2 (calefactor)
const int relay_2Pin3 = 27; // pin al relay 3 (bomba de agua)

//VARIABLES PARA TRABAJAR CON EL SENSOR 3
const int dht11_3Pin = 28; // pin desde el sensor 1
const int botonMas_3Pin = 29; // pin desde el boton mas
const int botonMenos_3Pin = 30; // pin desde el boton menos
const int relay_3Pin1 = 31; // pin al relay 1 (ventilador)
const int relay_3Pin2 = 32; // pin al relay 2 (calefactor)
const int relay_3Pin3 = 33; // pin al relay 3 (bomba de agua)

// variables para trabajar con los botones DEL SENSOR 1
boolean lastBotonMas = LOW;
boolean currentBotonMas = LOW;
boolean lastBotonMenos = LOW;
boolean currentBotonMenos = LOW;

// variables para trabajar con los botones DEL SENSOR 2
boolean lastBotonMas2 = LOW;
boolean currentBotonMas2 = LOW;
boolean lastBotonMenos2 = LOW;
boolean currentBotonMenos2 = LOW;

// variables para trabajar con los botones DEL SENSOR 3
boolean lastBotonMas3 = LOW;
boolean currentBotonMas3 = LOW;
boolean lastBotonMenos3 = LOW;
boolean currentBotonMenos3 = LOW;
// VARIABLES MEDIDAS PARA TRABAJAR CON EL SENSOR 1, SENSOR 2, SENSOR 3
float temperatura = 0; float temperatura2 = 0; float temperatura3 = 0;
float humedad = 0; float humedad2 = 0; float humedad3 = 0;
float indiceCalor = 0; float indiceCalor2 = 0; float indiceCalor3 = 0;

//VARIABLES DE LA TEMPERATURA DE CONTROL
int temperaturaControl = 0;
int temperaturaControl2 = 0;
int temperaturaControl3 = 0;

long previousMillis = 0; // tiempo en milisegundostarea en segundo plano
long interval = 2000; // intervalo de tiempo para obtener medidas

LiquidCrystal lcd1(2, 3, 4, 5, 6, 7); // objeto lcd1
LiquidCrystal lcd2(34, 35, 36, 37, 38, 39); // objeto lcd2
LiquidCrystal lcd3(41, 42, 43, 44, 45, 46); // objeto lcd3
DHT dht11(dht11Pin, DHT11); // objeto 1 DHT11
DHT dht11_2(dht11_2Pin, DHT11); //objeto 2 DHT11

```



```
DHT dht11_3(dht11_3Pin, DHT11); //objeto 3 DHT11
// caracteres personalizados
byte grados[8] = {
  B00110,
  B01001,
  B01001,
  B00110,
  B00000,
  B00000,
  B00000,
  B00000,
};
byte flechas[8] = {
  B00100,
  B01110,
  B11111,
  B00000,
  B00000,
  B11111,
  B01110,
  B00100,
};
byte fanOn[8] = {
  B00100,
  B10101,
  B01110,
  B11111,
  B01110,
  B10101,
  B00100,
  B00000,
};
byte fanOff[8] = {
  B01110,
  B10001,
  B10001,
  B10001,
  B10001,
  B10001,
  B01110,
  B00000,
};
byte barra[8] {
  B11111,
  B11111,
  B11111,
  B11111,
  B11111,
```



ANEXO D	DIAGRAMA ELECTRÓNICO	5 de 11
----------------	-----------------------------	----------------

```

B11111,
B11111,
B11111,
};

void setup()
{
  //Serial.begin(9600);
  lcd1.begin(16, 2); lcd2.begin(16, 2); lcd3.begin(16, 2); // inicializa
  los LCD 1, LCD 2, LCD 3
  lcd1.clear(); lcd2.clear(); lcd3.clear();

  // configurar pines para trabajar con SENSOR 1, SENSOR 2, SENSOR 3
  pinMode(dht11Pin, INPUT); pinMode(dht11_2Pin, INPUT); pinMode(dht11_3Pin,
  INPUT);
  pinMode(relayPin1, OUTPUT); pinMode(relay_2Pin1, OUTPUT);
  pinMode(relay_3Pin1, OUTPUT);
  pinMode(relayPin2, OUTPUT); pinMode(relay_2Pin2, OUTPUT);
  pinMode(relay_3Pin2, OUTPUT);
  pinMode(relayPin3, OUTPUT); pinMode(relay_2Pin3, OUTPUT);
  pinMode(relay_3Pin3, OUTPUT);
  pinMode(botonMasPin, INPUT); pinMode(botonMas_2Pin, INPUT);
  pinMode(botonMas_3Pin, INPUT);
  pinMode(botonMenosPin, INPUT); pinMode(botonMenos_2Pin, INPUT);
  pinMode(botonMenos_3Pin, INPUT);
  digitalWrite(relayPin1, HIGH); digitalWrite(relay_2Pin1, HIGH);
  digitalWrite(relay_3Pin1, HIGH);
  digitalWrite(relayPin2, HIGH); digitalWrite(relay_2Pin2, HIGH);
  digitalWrite(relay_3Pin2, HIGH);
  digitalWrite(relayPin3, HIGH); digitalWrite(relay_2Pin3, HIGH);
  digitalWrite(relay_3Pin3, HIGH);

  // crear caracteres LCD 1, LCD 2, LCD 3
  lcd1.createChar(0, grados); lcd2.createChar(0, grados);
  lcd3.createChar(0, grados);
  lcd1.createChar(1, flechas); lcd2.createChar(1, flechas);
  lcd3.createChar(1, flechas);
  lcd1.createChar(2, fanOn); lcd2.createChar(2, fanOn); lcd3.createChar(2,
  fanOn);
  lcd1.createChar(3, fanOff); lcd2.createChar(3, fanOff);
  lcd3.createChar(3, fanOff);
  lcd1.createChar(4, barra); lcd2.createChar(4, barra); lcd3.createChar(4,
  barra);
  // barra de progreso inicializar sirve de tiempo para que el sensor se
  estabilize LCD 1
  lcd1.setCursor(0,0);lcd2.setCursor(0,0);lcd3.setCursor(0,0);
  lcd1.print("Inicializando...");lcd2.print("Inicializando...");lcd3.print("I
  nicializando...");
  for (int i = 0; i <= 15; i++) {
  lcd1.setCursor(i, 1);lcd2.setCursor(i, 1);lcd3.setCursor(i, 1);
  lcd1.write((byte)4);lcd2.write((byte)4);lcd3.write((byte)4);

```



ANEXO D	DIAGRAMA ELECTRÓNICO	6 de 11
----------------	-----------------------------	----------------

```

delay(250);
}
delay(250);
lcd1.clear();lcd2.clear();lcd3.clear();
delay(500);
// OBTENER TEMPERATURA-HUMEDAD-INDICE DE CALOR DEL SENSOR 1
// pausa de dos segundos para estabilizar el DHT11
temperatura = dht11.readTemperature(); // obtiene la temperatura ambiente
en °C
humedad = dht11.readHumidity(); // obtiene la humedad ambiente
indiceCalor = dht11.computeHeatIndex(dht11.readTemperature(true),
humedad); // calcula el indice de calor
// comprueba la lectura, si falla vuelve a intentar
if (isnan(humedad) || isnan(temperatura)) {
//debugging
//Serial.println("Fallo la lectura del sensor...");
return;
}
// establece la temperatura de control
temperaturaControl = temperatura + 1;
desplegarInformacion();
////////////////////////////////////
// OBTENER TEMPERATURA-HUMEDAD-INDICE DE CALOR DEL SENSOR 2
// pausa de dos segundos para estabilizar el DHT11
temperatura2 = dht11_2.readTemperature(); //temperatura ambiente en °C
humedad2 = dht11_2.readHumidity(); // obtiene la humedad ambiente
indiceCalor2 = dht11_2.computeHeatIndex(dht11_2.readTemperature(true),
humedad2); // calcula el indice de calor
// comprueba la lectura, si falla vuelve a intentar
if (isnan(humedad2) || isnan(temperatura2)) {
//debugging
//Serial.println("Fallo la lectura del sensor...");
return;
}
// establece la temperatura de control
temperaturaControl2 = temperatura2 + 1;
desplegarInformacion();
////////////////////////////////////
// OBTENER TEMPERATURA-HUMEDAD-INDICE DE CALOR DEL SENSOR 3
// pausa de dos segundos para estabilizar el DHT11
temperatura3 = dht11_3.readTemperature(); // obtiene la temperatura
ambiente en °C
humedad3 = dht11_3.readHumidity(); // obtiene la humedad ambiente
indiceCalor3 = dht11_3.computeHeatIndex(dht11_3.readTemperature(true),
humedad3); // calcula el indice de calor
// comprueba la lectura, si falla vuelve a intentar
if (isnan(humedad3) || isnan(temperatura3)) {
//debugging
//Serial.println("Fallo la lectura del sensor...");
return;
}
}

```



```

// establece la temperatura de control
temperaturaControl3 = temperatura3 + 1;
desplegarInformacion();
}
void loop()
{
  // leer entrada de usuario para trabajar SENSOR 1
  currentBotonMas = digitalRead(botonMasPin);
  currentBotonMenos = digitalRead(botonMenosPin);
  // leer entrada de usuario para trabajar SENSOR 2
  currentBotonMas2 = digitalRead(botonMas_2Pin);
  currentBotonMenos2 = digitalRead(botonMenos_2Pin);
  // leer entrada de usuario para trabajar SENSOR 3
  currentBotonMas3 = digitalRead(botonMas_3Pin);
  currentBotonMenos3 = digitalRead(botonMenos_3Pin);
  ////////////////////////////////////////////////////
  // SUBIR TEMPERATURA DE CONTROL SENSOR 1
  if (currentBotonMas == HIGH && lastBotonMas == LOW) {
    delay(1); // debouncing time
    if (digitalRead(botonMasPin)) {
      temperaturaControl++;
      // Serial.println(temperaturaControl);
      lastBotonMas = HIGH;
    }
  }
  else {
    lastBotonMas = digitalRead(botonMasPin);
  }
  // BAJAR TEMPERATURA DE CONTROL SENSOR 1
  if (currentBotonMenos == HIGH && lastBotonMenos == LOW) {
    delay(1); // debouncing time
    if (digitalRead(botonMenosPin)) {
      temperaturaControl--;
      //Serial.println(temperaturaControl);
      lastBotonMenos = HIGH;
    }
  }
  else {
    lastBotonMenos = digitalRead(botonMenosPin);
  }
  ////////////////////////////////////////////////////
  // SUBIR TEMPERATURA DE CONTROL SENSOR 2
  if (currentBotonMas2 == HIGH && lastBotonMas2 == LOW) {
    delay(1); // debouncing time
    if (digitalRead(botonMas_2Pin)) {
      temperaturaControl2++;
      // Serial.println(temperaturaControl);
      lastBotonMas2 = HIGH;
    }
  }
}

```



```

else {
  lastBotonMas2 = digitalRead(botonMas_2Pin);
}
// BAJAR TEMPERATURA DE CONTROL SENSOR 2
if (currentBotonMenos2 == HIGH && lastBotonMenos2 == LOW) {
  delay(1); // debouncing time
  if (digitalRead(botonMenos_2Pin)) {
    temperaturaControl2--;
    //Serial.println(temperaturaControl);
    lastBotonMenos2 = HIGH;
  }
}
else {
  lastBotonMenos2 = digitalRead(botonMenos_2Pin);
}
// SUBIR TEMPERATURA DE CONTROL SENSOR 3
if (currentBotonMas3 == HIGH && lastBotonMas3 == LOW) {
  delay(1); // debouncing time
  if (digitalRead(botonMas_3Pin)) {
    temperaturaControl3++;
    // Serial.println(temperaturaControl);
    lastBotonMas3 = HIGH;
  }
}
else {
  lastBotonMas3 = digitalRead(botonMas_3Pin);
}

// BAJAR TEMPERATURA DE CONTROL SENSOR 3
if (currentBotonMenos3 == HIGH && lastBotonMenos3 == LOW) {
  delay(1); // debouncing time
  if (digitalRead(botonMenos_3Pin)) {
    temperaturaControl3--;
    //Serial.println(temperaturaControl);
    lastBotonMenos3 = HIGH;
  }
}
else {
  lastBotonMenos3 = digitalRead(botonMenos_3Pin);
}
//CONDICION PARA ENCENDER EL VENTILADOR SENSOR 1
if (temperatura < temperaturaControl) {
  lcd1.setCursor(15,1);
  lcd1.write((byte)3);
  digitalWrite(relayPin1, LOW);
}
else {
  lcd1.setCursor(15,1);
  lcd1.write((byte)2);
  digitalWrite(relayPin1, HIGH);
}
}

```



```
//CONDICION PARA ENCENDER EL VENTILADOR SENSOR 2
if (temperatura2 < temperaturaControl2){
  lcd2.setCursor(15,1);
  lcd2.write((byte)3);
  digitalWrite(relay_2Pin1, LOW);
}
else {
  lcd2.setCursor(15,1);
  lcd2.write((byte)2); lcd3.write((byte)2);
  digitalWrite(relay_2Pin1, HIGH);
}
//CONDICION PARA ENCENDER EL VENTILADOR SENSOR 3
if (temperatura3 < temperaturaControl3) {
  lcd3.setCursor(15,1);
  lcd3.write((byte)3);
  digitalWrite(relay_3Pin1, LOW);
}
else {
  lcd3.setCursor(15,1);
  lcd3.write((byte)2);
  digitalWrite(relay_3Pin1, HIGH);
}

//CONDICION PARA ENCENDER EL CALEFACTOR SENSOR 1
if (temperatura < temperaturaControl) {
  //lcd.setCursor(15,1);
  //lcd.write((byte)3);
  digitalWrite(relayPin2, HIGH);
}
else {
  //lcd.setCursor(15,1);
  //lcd.write((byte)2);
  digitalWrite(relayPin2, LOW);
}
//CONDICION PARA ENCENDER EL CALEFACTOR SENSOR 2
if (temperatura2 < temperaturaControl2){
  //lcd.setCursor(15,1);
  //lcd.write((byte)3);
  digitalWrite(relay_2Pin2, HIGH);
}
else {
  //lcd.setCursor(15,1);
  //lcd.write((byte)2);
  digitalWrite(relay_2Pin2, LOW);
}
//CONDICION PARA ENCENDER EL CALEFACTOR SENSOR 3
if (temperatura3 < temperaturaControl3) {
  //lcd.setCursor(15,1);
  //lcd.write((byte)3);
  digitalWrite(relay_3Pin2, HIGH);
}
}
```




```

else {
  //lcd.setCursor(15,1);
  //lcd.write((byte)2);
  digitalWrite(relay_3Pin2, LOW);
}
//CONDICION PARA ENCENDER LA BOMBA DE AGUA
if ((humedad < 20)&&(humedad2 < 20)&&(humedad3 < 20)) {
  digitalWrite(relayPin3, HIGH); digitalWrite(relay_2Pin3, HIGH);
digitalWrite(relay_3Pin3, HIGH);
}
else {
  digitalWrite(relayPin3, LOW); digitalWrite(relay_2Pin3, LOW);
digitalWrite(relay_3Pin3, LOW);
}
// en segundo plano obtener medidas cada 2 segundos
unsigned long currentMillis = millis();

if(currentMillis - previousMillis > interval) {
  // se ejecuta en segundo plano
  // guardar el utlimo instante de lectura
  previousMillis = currentMillis;

  // OBTENER TEMPERATURA-HUMEDAD-INDICE DE CALOR SENSOR 1
  temperatura = dht11.readTemperature(); // obtiene la temperatura
ambiente en °C
  humedad = dht11.readHumidity(); // obtiene la humedad ambiente
  indiceCalor = dht11.computeHeatIndex(dht11.readTemperature(true),
humedad); // calcula el indice de calor
  // comprueba la lectura, si falla vuelve a intentar
  if (isnan(humedad) || isnan(temperatura)) {
    //debugging
    //Serial.println("Fallo la lectura del sensor...");
    return;
  }
  desplegarInformacion();

// OBTENER TEMPERATURA-HUMEDAD-INDICE DE CALOR SENSOR 2
  temperatura2 = dht11_2.readTemperature(); // obtiene la temperatura
ambiente en °C
  humedad2 = dht11_2.readHumidity(); // obtiene la humedad ambiente
  indiceCalor2 = dht11_2.computeHeatIndex(dht11_2.readTemperature(true),
humedad2); // calcula el indice de calor
  // comprueba la lectura, si falla vuelve a intentar
  if (isnan(humedad2) || isnan(temperatura2)) {
    //debugging
    //Serial.println("Fallo la lectura del sensor...");
    return;
  }
  desplegarInformacion();
}

```



```

// OBTENER TEMPERATURA-HUMEDAD-INDICE DE CALOR SENSOR 3
  temperatura3 = dht11_3.readTemperature(); // obtiene la temperatura
ambiente en °C
  humedad3 = dht11_3.readHumidity(); // obtiene la humedad ambiente
  indiceCalor3 = dht11_3.computeHeatIndex(dht11_3.readTemperature(true),
humedad3); // calcula el indice de calor
  // comprueba la lectura, si falla vuelve a intentar
  if (isnan(humedad3) || isnan(temperatura3)) {
    //debugging
    //Serial.println("Fallo la lectura del sensor...");
    return;
  }
  desplegarInformacion();
}
}

void desplegarInformacion()
{
  delay(250);
  //RESULTADOS TEMPERATURA DE CONTROL DEL SENSOR 1, SENSOR 2, SENSOR 3
  lcd1.setCursor(7,1); lcd2.setCursor(7,1); lcd3.setCursor(7,1);
  lcd1.write((byte)1); lcd2.write((byte)1); lcd3.write((byte)1);
  lcd1.setCursor(8,1); lcd2.setCursor(8,1); lcd3.setCursor(8,1);
  lcd1.print(temperaturaControl); lcd2.print(temperaturaControl2);
lcd3.print(temperaturaControl3);
  lcd1.setCursor(11,1); lcd2.setCursor(11,1); lcd3.setCursor(11,1);
  lcd1.print("Fan"); lcd2.print("Fan"); lcd3.print("Fan");

  lcd1.setCursor(0, 0); lcd2.setCursor(0, 0); lcd3.setCursor(0, 0);
  lcd1.print("T1:"); lcd2.print("T2:"); lcd3.print("T3:");
  lcd1.setCursor(3, 0); lcd2.setCursor(3, 0); lcd3.setCursor(3, 0);
  lcd1.print((int)temperatura); lcd2.print((int)temperatura2);
lcd3.print((int)temperatura3);
  lcd1.setCursor(5, 0); lcd2.setCursor(5, 0); lcd3.setCursor(5, 0);
  lcd1.write((byte)0); lcd2.write((byte)0); lcd3.write((byte)0);

  lcd1.setCursor(0, 1); lcd2.setCursor(0, 1); lcd3.setCursor(0, 1);
  lcd1.print("H1:"); lcd2.print("H2:"); lcd3.print("H3:");
  lcd1.setCursor(3, 1); lcd2.setCursor(3, 1); lcd3.setCursor(3, 1);
  lcd1.print((int)humedad); lcd2.print((int)humedad2);
lcd3.print((int)humedad3);
  lcd1.setCursor(5, 1); lcd2.setCursor(5, 1); lcd3.setCursor(5, 1);
  lcd1.print("%"); lcd2.print("%"); lcd3.print("%");

  lcd1.setCursor(7, 0); lcd2.setCursor(7, 0); lcd3.setCursor(7, 0);
  lcd1.print("IC1:"); lcd2.print("IC2:"); lcd3.print("IC3:");
  lcd1.setCursor(11, 0); lcd2.setCursor(11, 0); lcd3.setCursor(11, 0);
  lcd1.print(indiceCalor); lcd2.print(indiceCalor2);
lcd3.print(indiceCalor3);
}

```



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LAS INGENIERÍAS Y
APLICADAS

TITULACIÓN:

GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

PLANOS



GERMINADOR
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

TÍTULO:

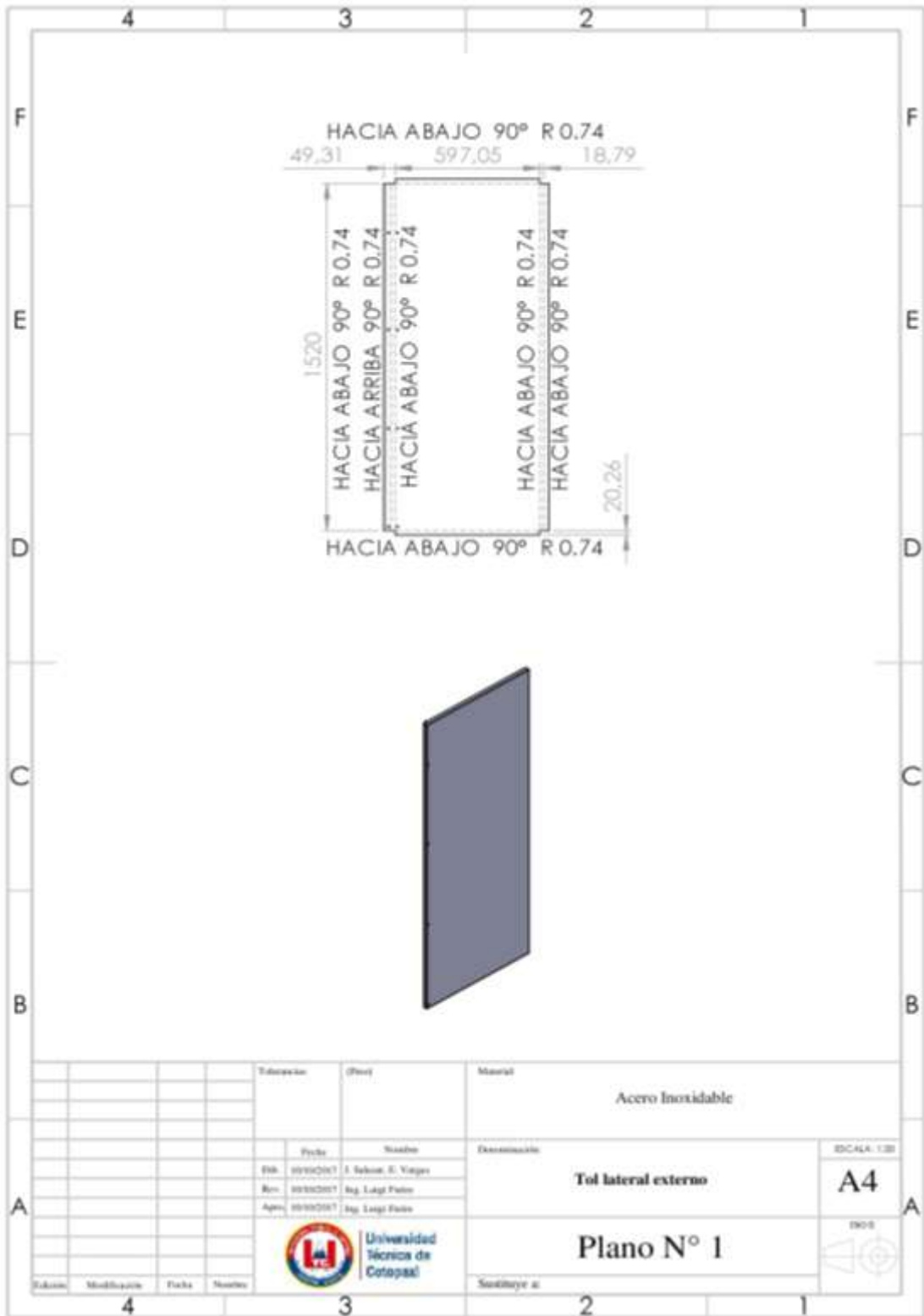
“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA AUTOMATIZADA DE GERMINACIÓN DE CEREALES PARA LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”

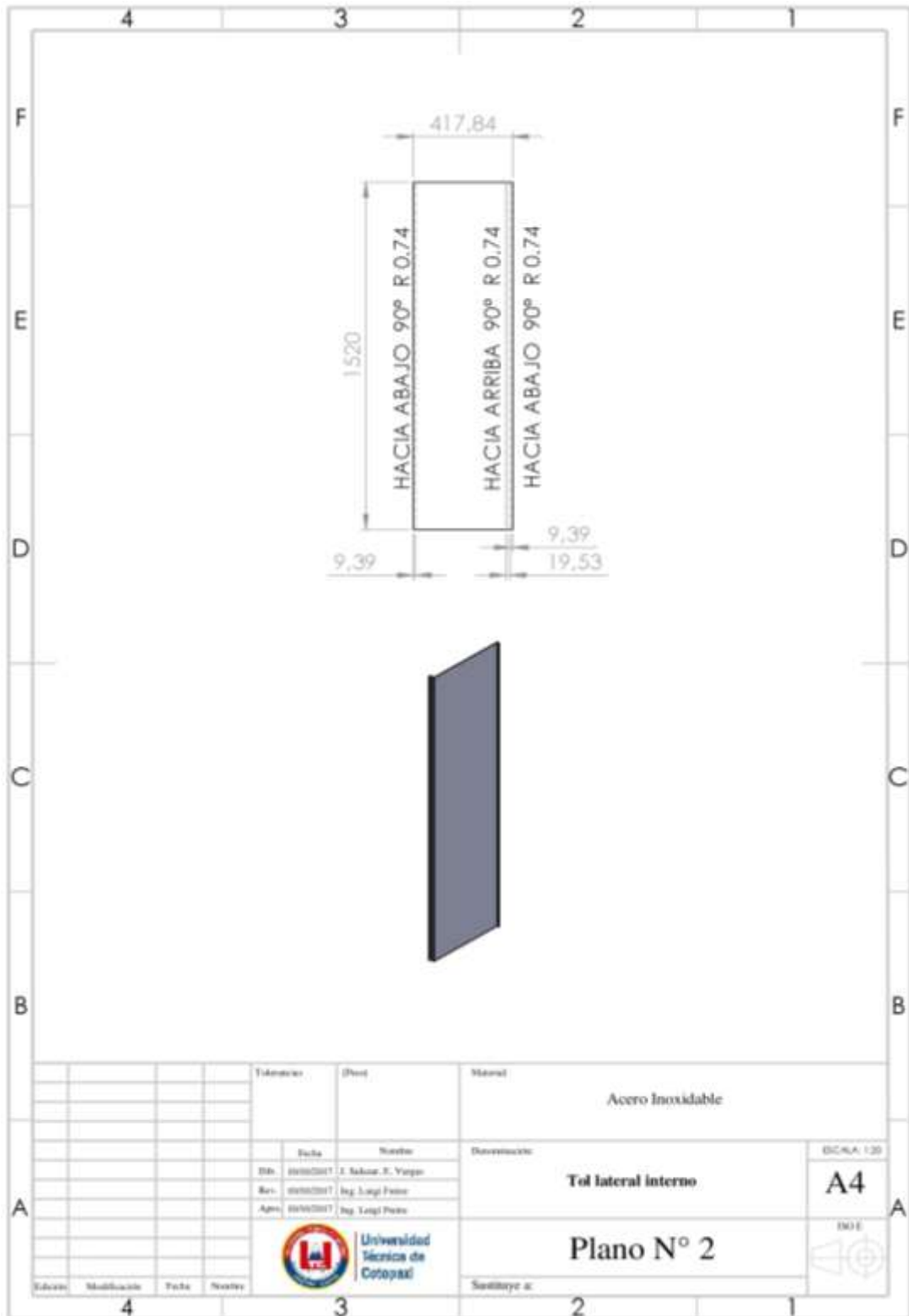
AUTORES:

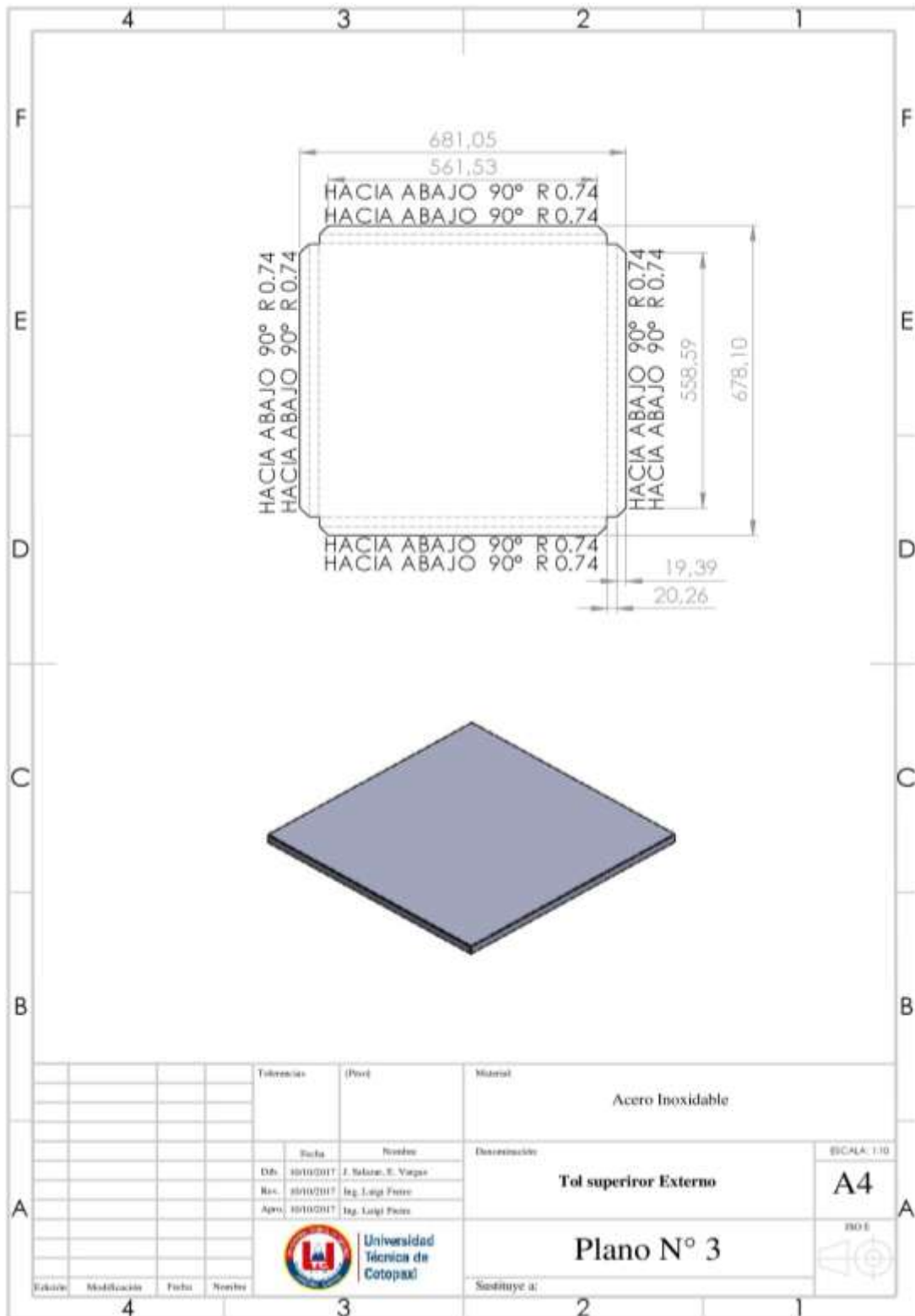
Oswaldo de Jesús Salazar Vargas

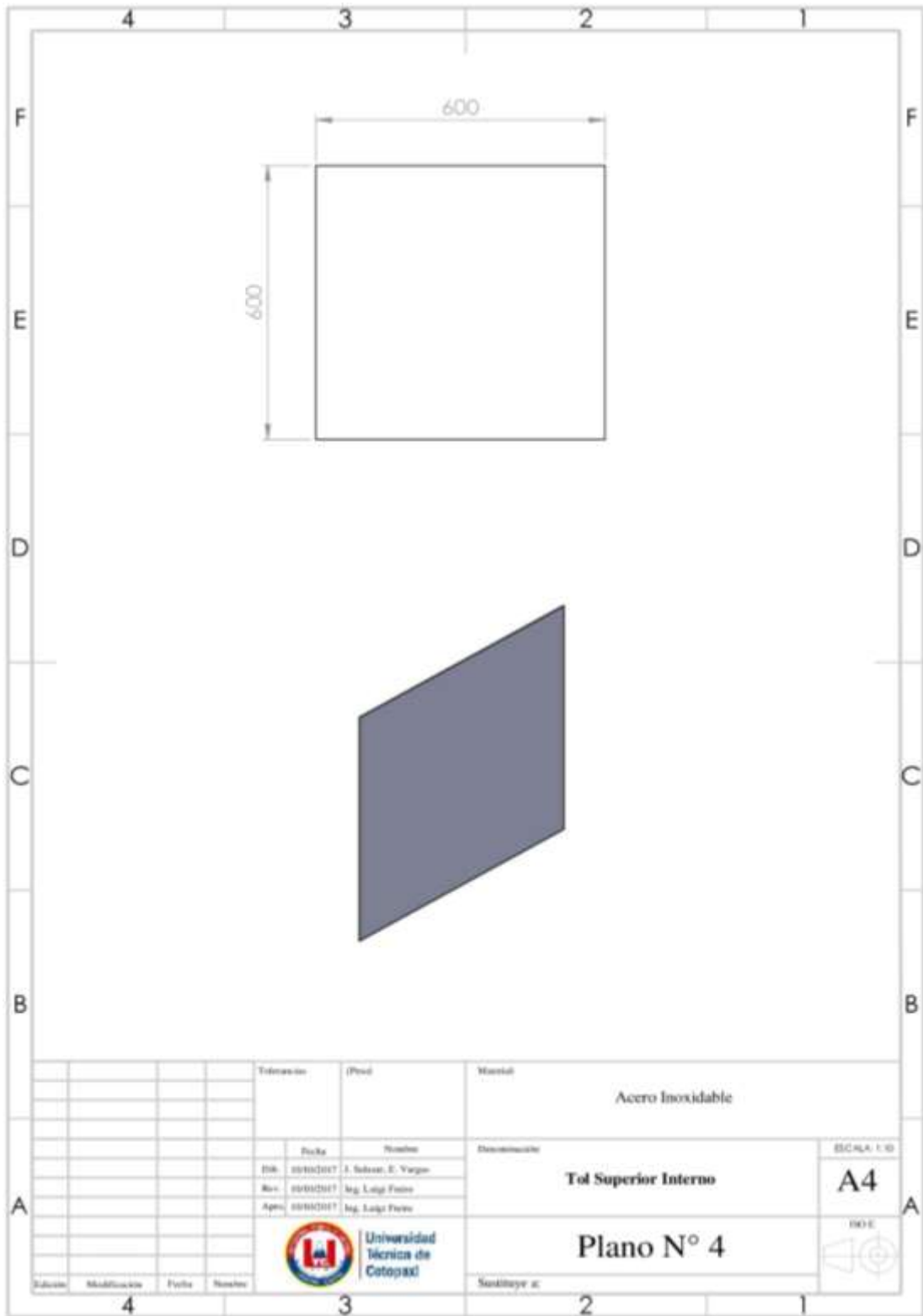
Edison Vargas Toaquiza

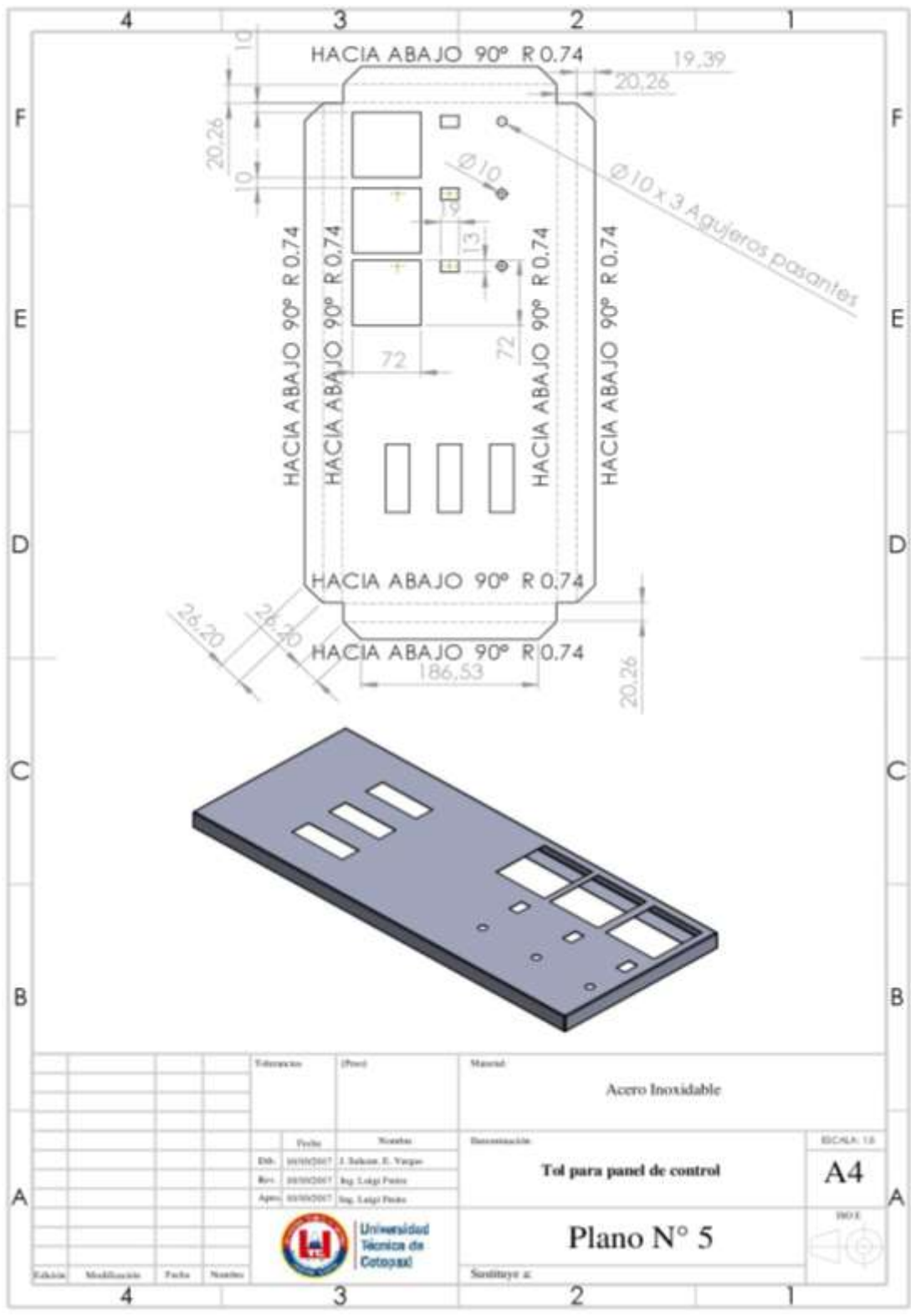






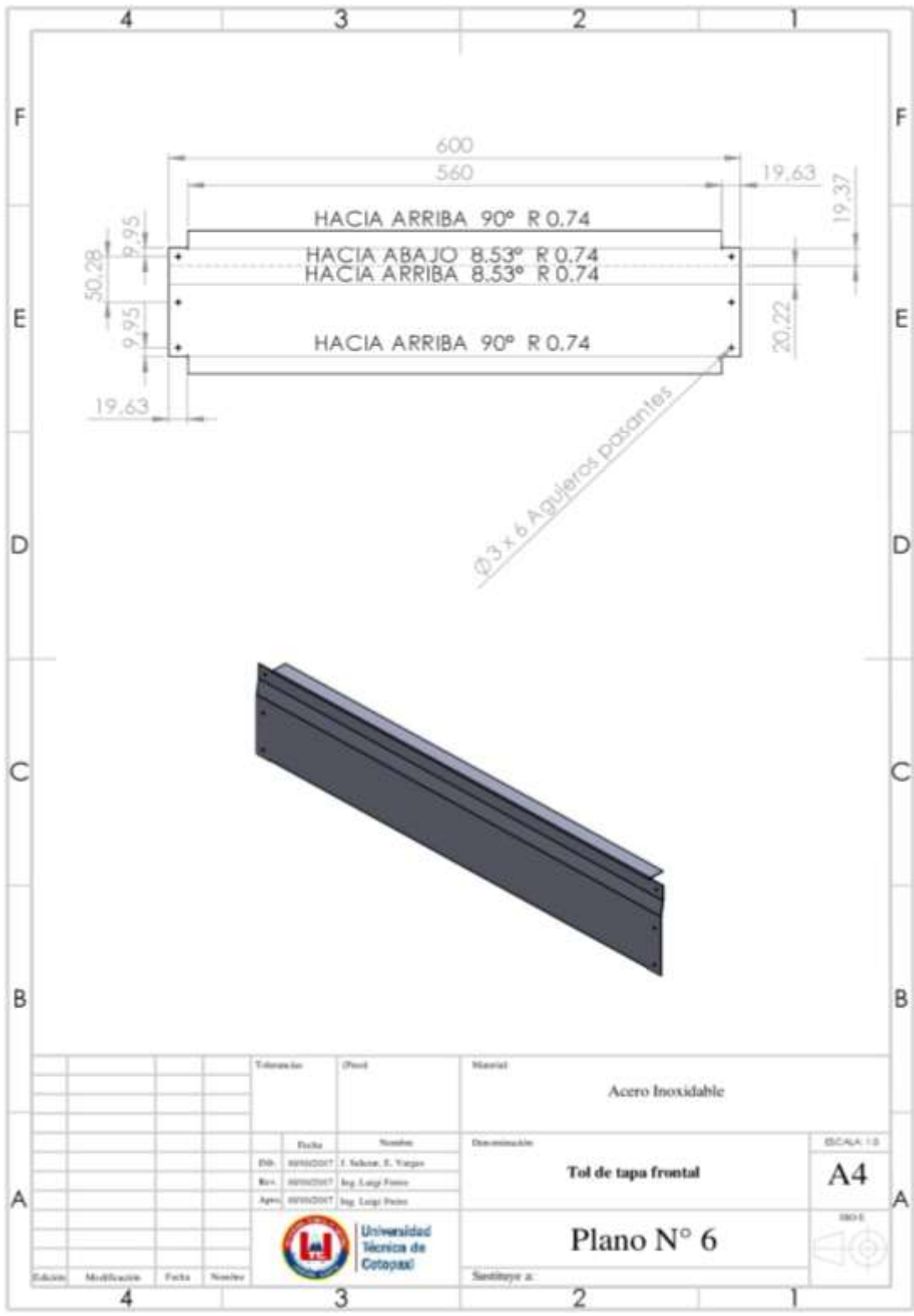


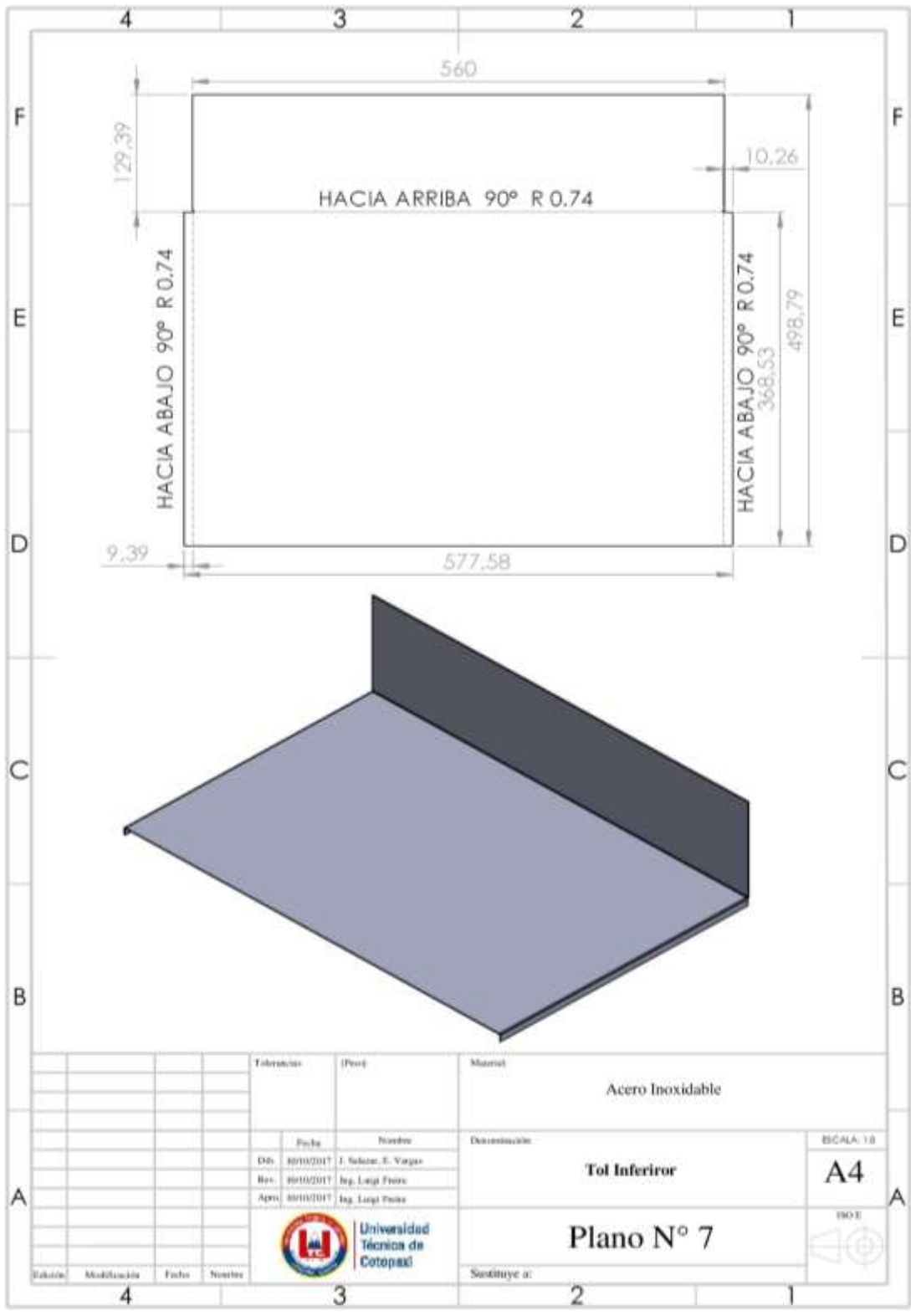


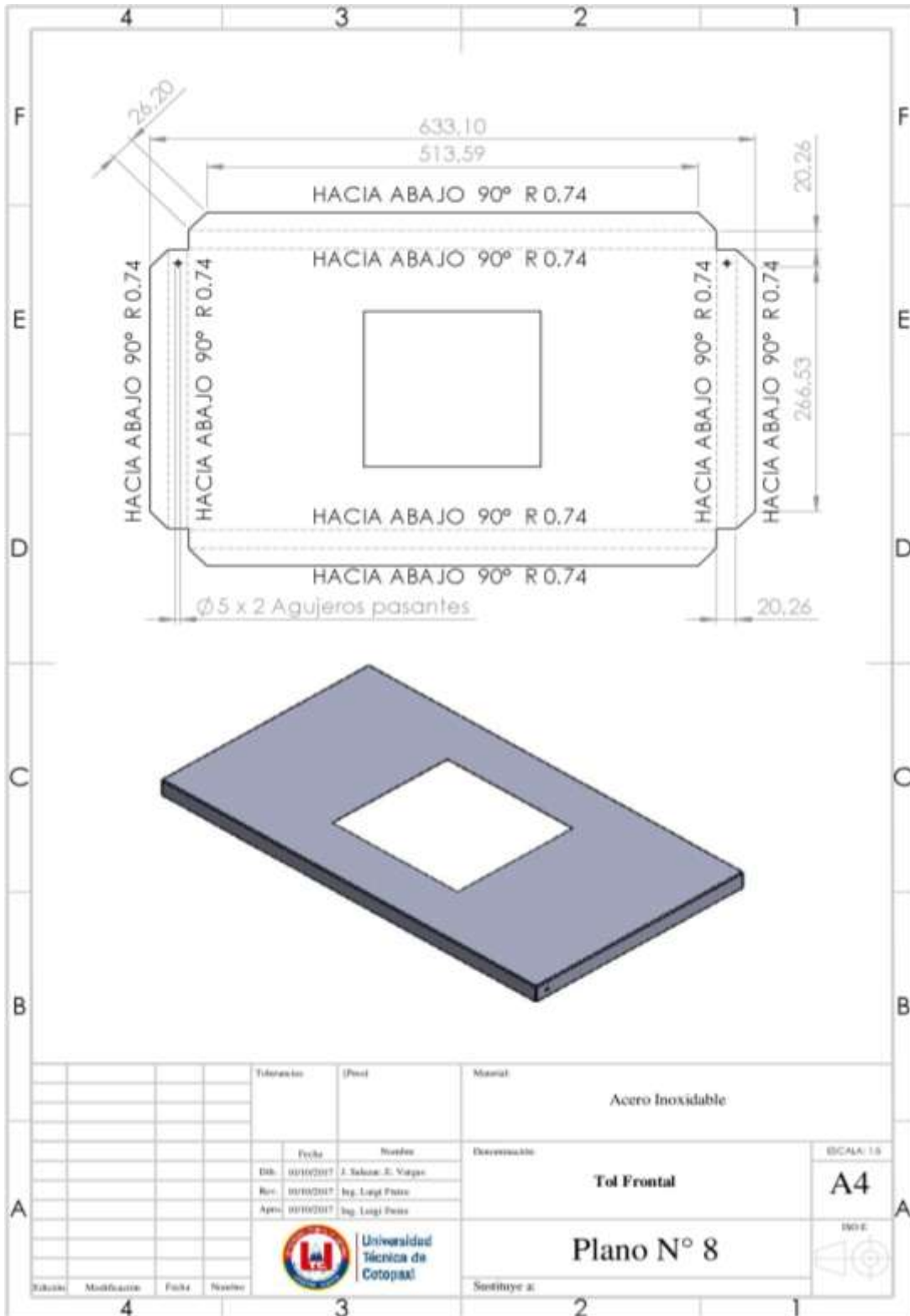


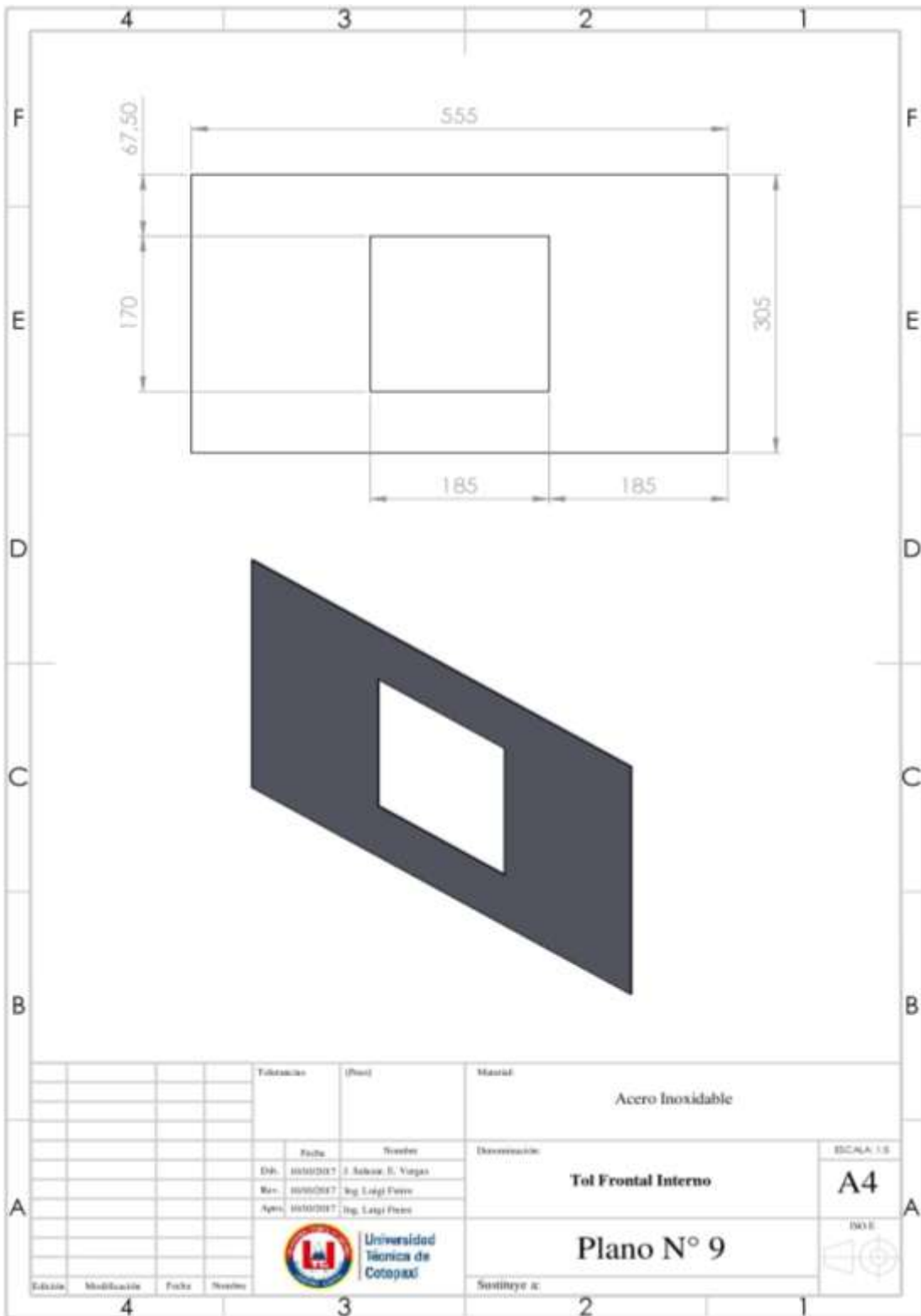
Ejecucion		IPred		Material		Acero Inoxidable	
Fecha		Numero		Descripción		ESCALA: 1:1	
Dib. 00/00/0001		J. Salas E. Vargas		Tol para panel de control		A4	
Rev. 00/00/0001		Ing. Leizaola		Plano N° 5		1/0.1	
Apro. 00/00/0001		Ing. Leizaola		Sustituye a:			
 Universidad Técnica de Cotopaxi		4		3		2	

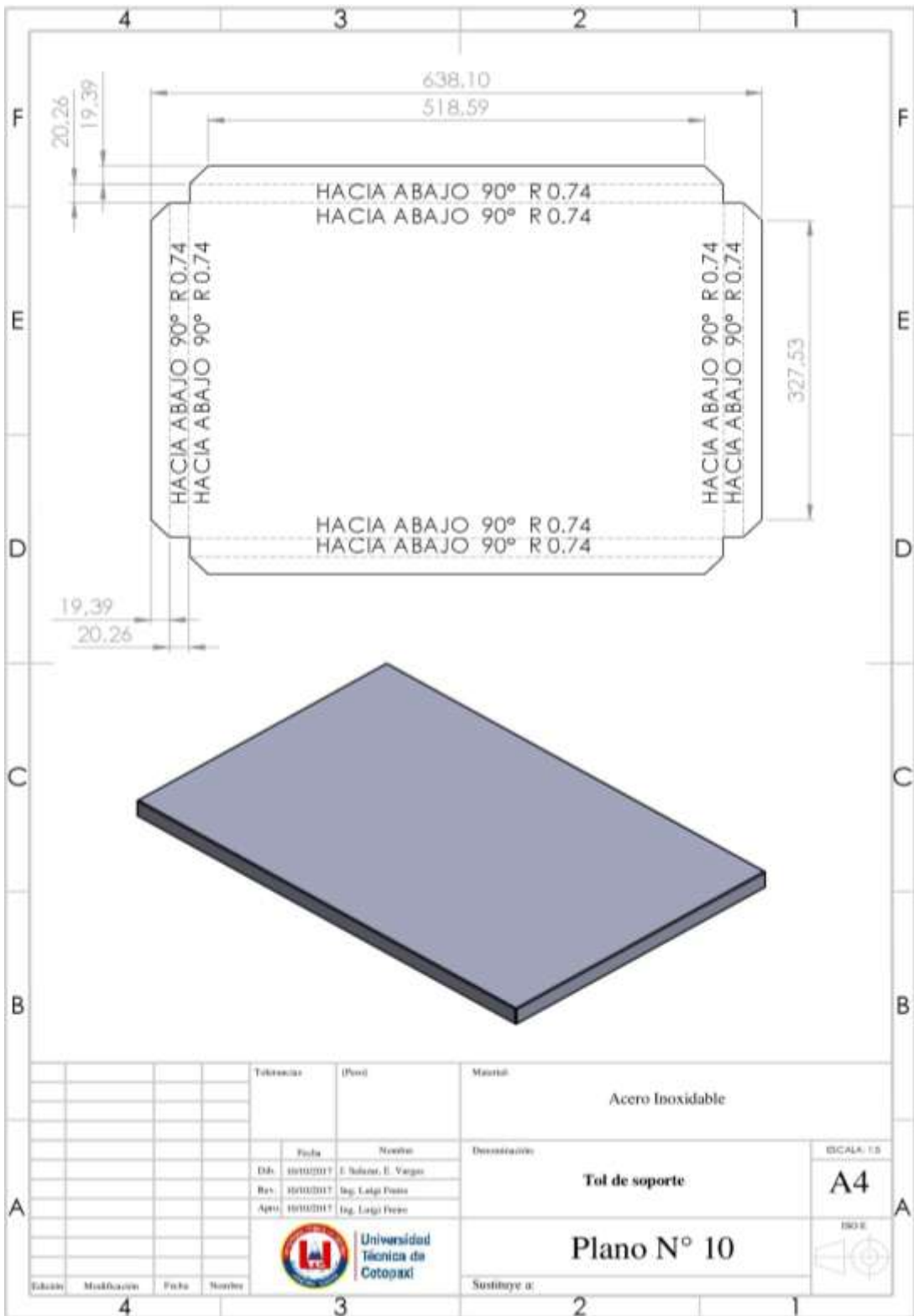


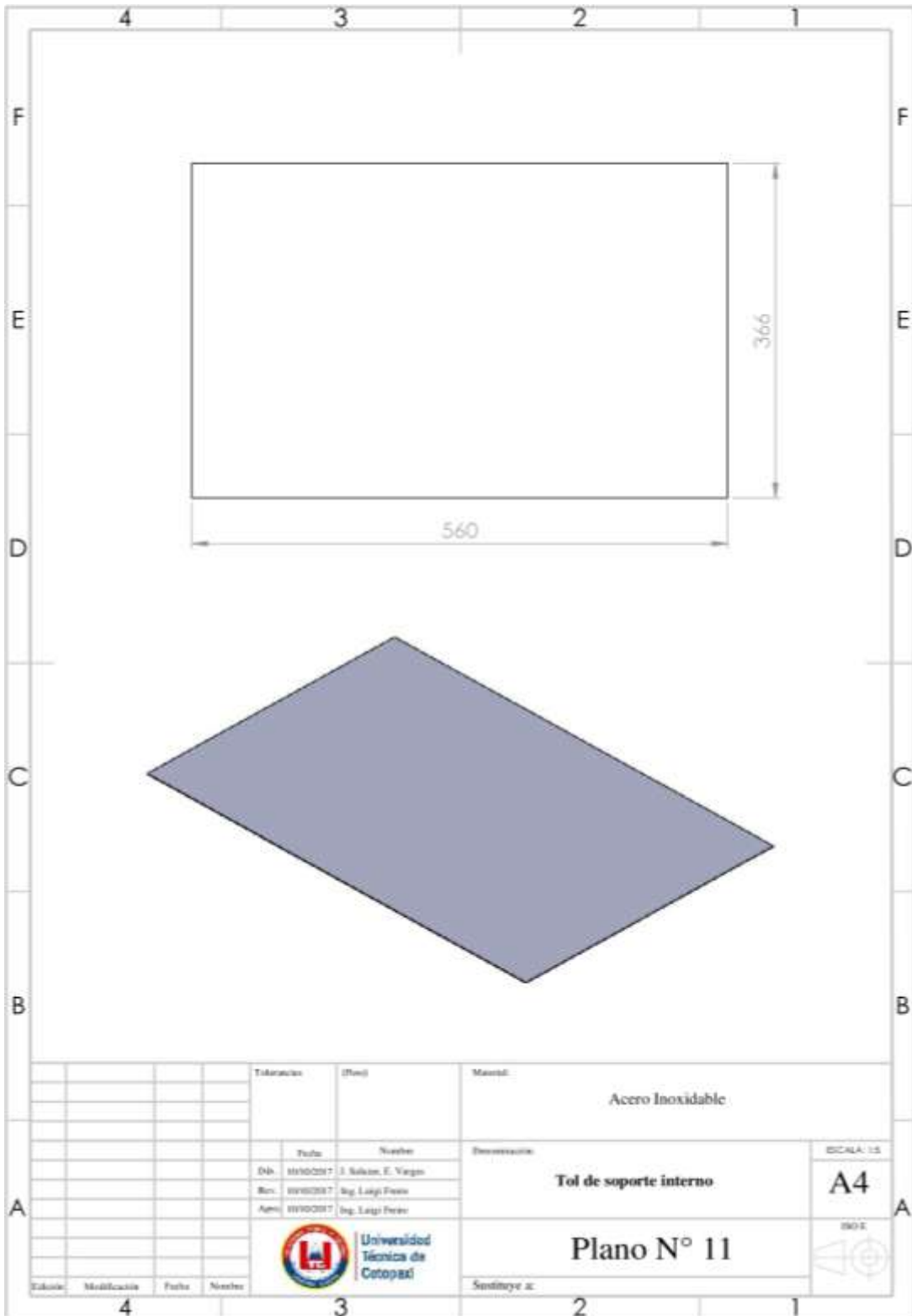


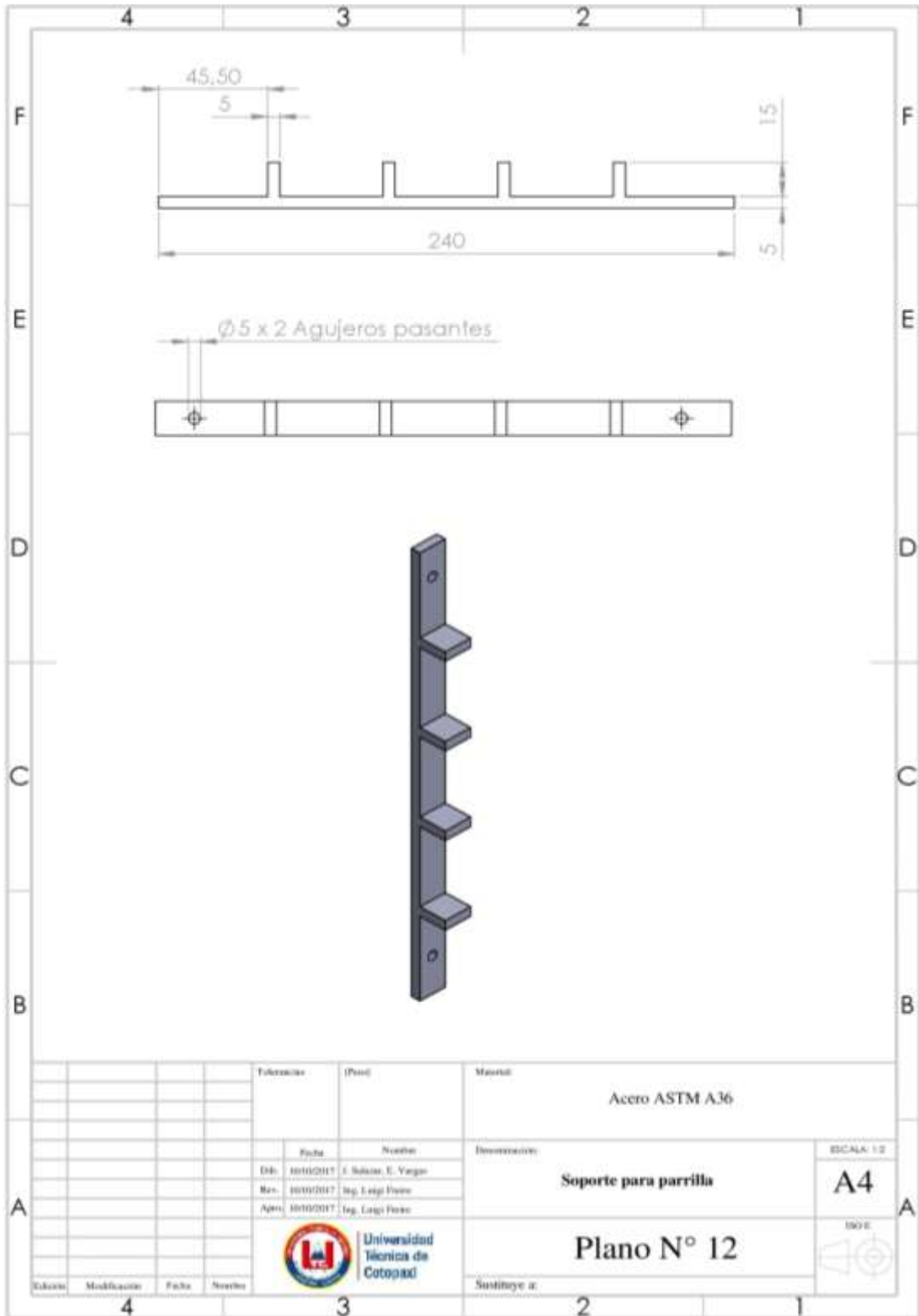


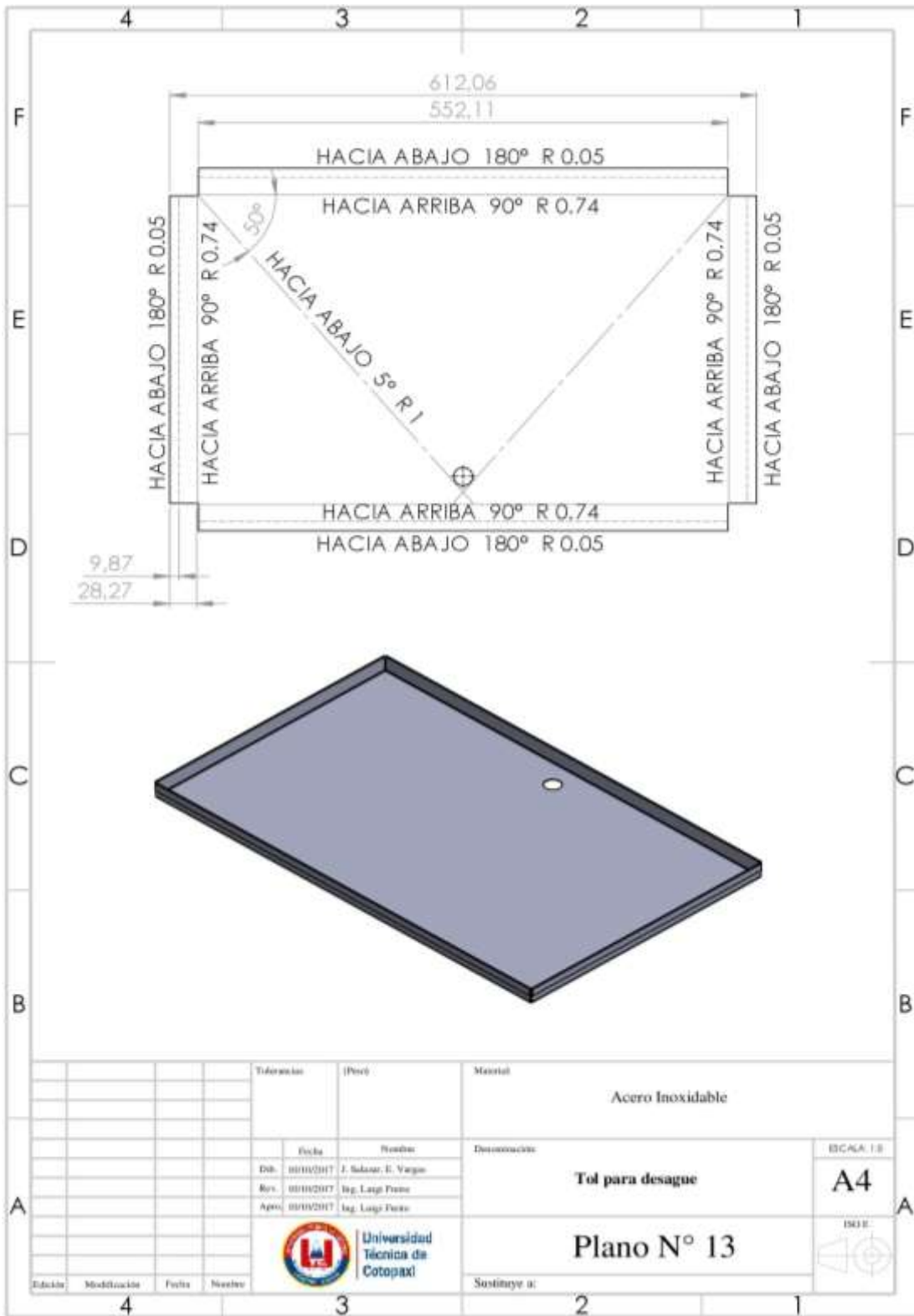


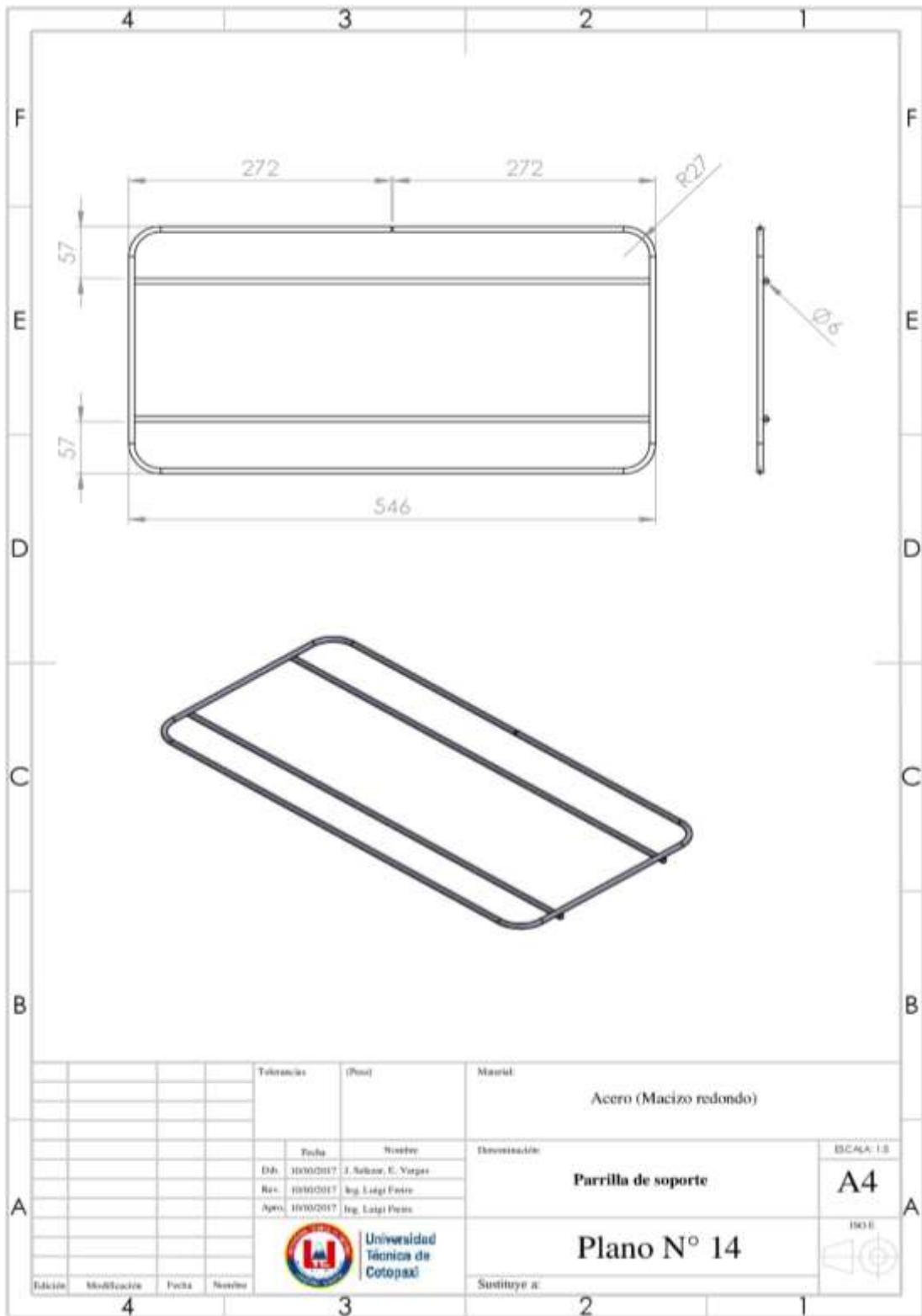


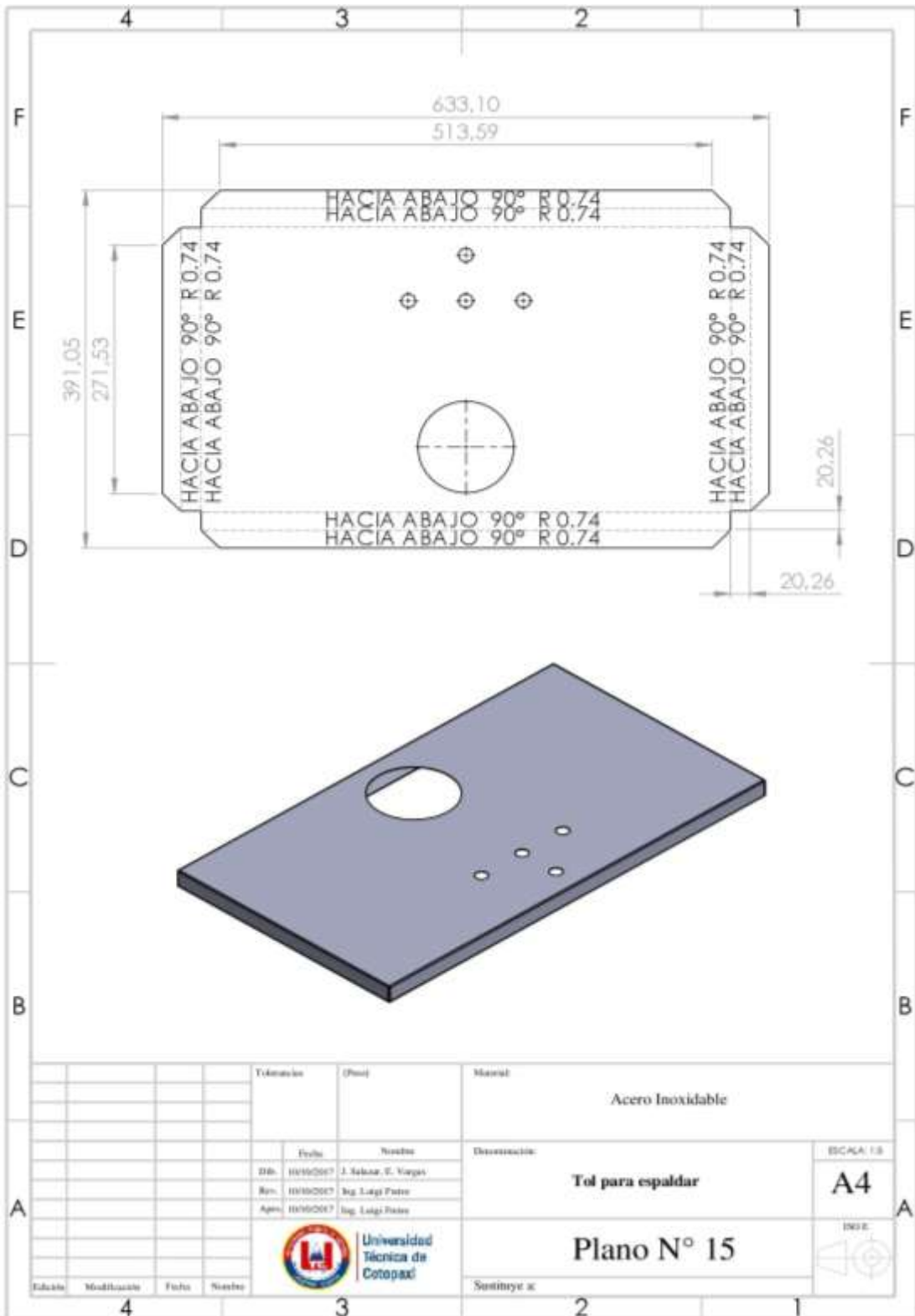


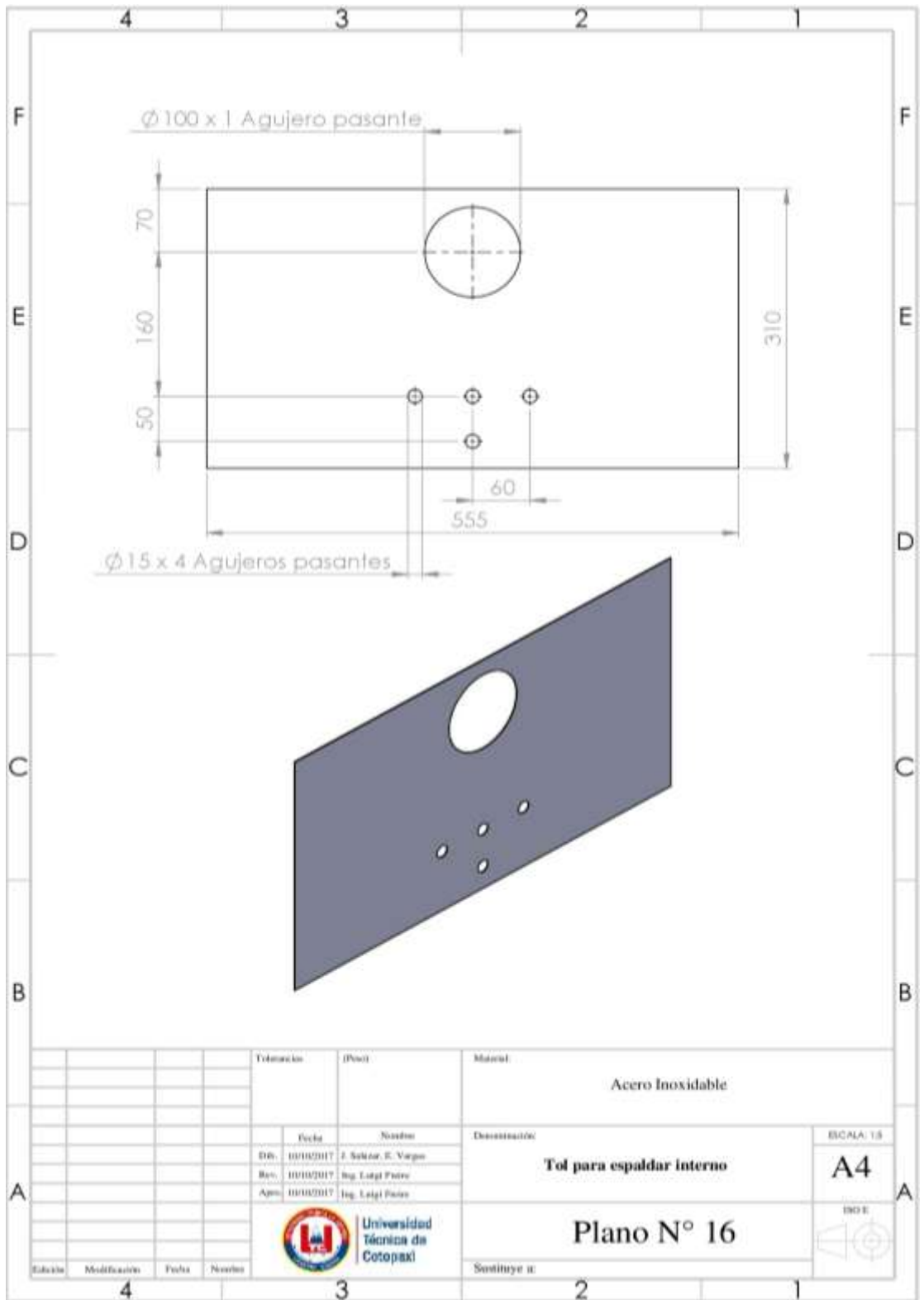


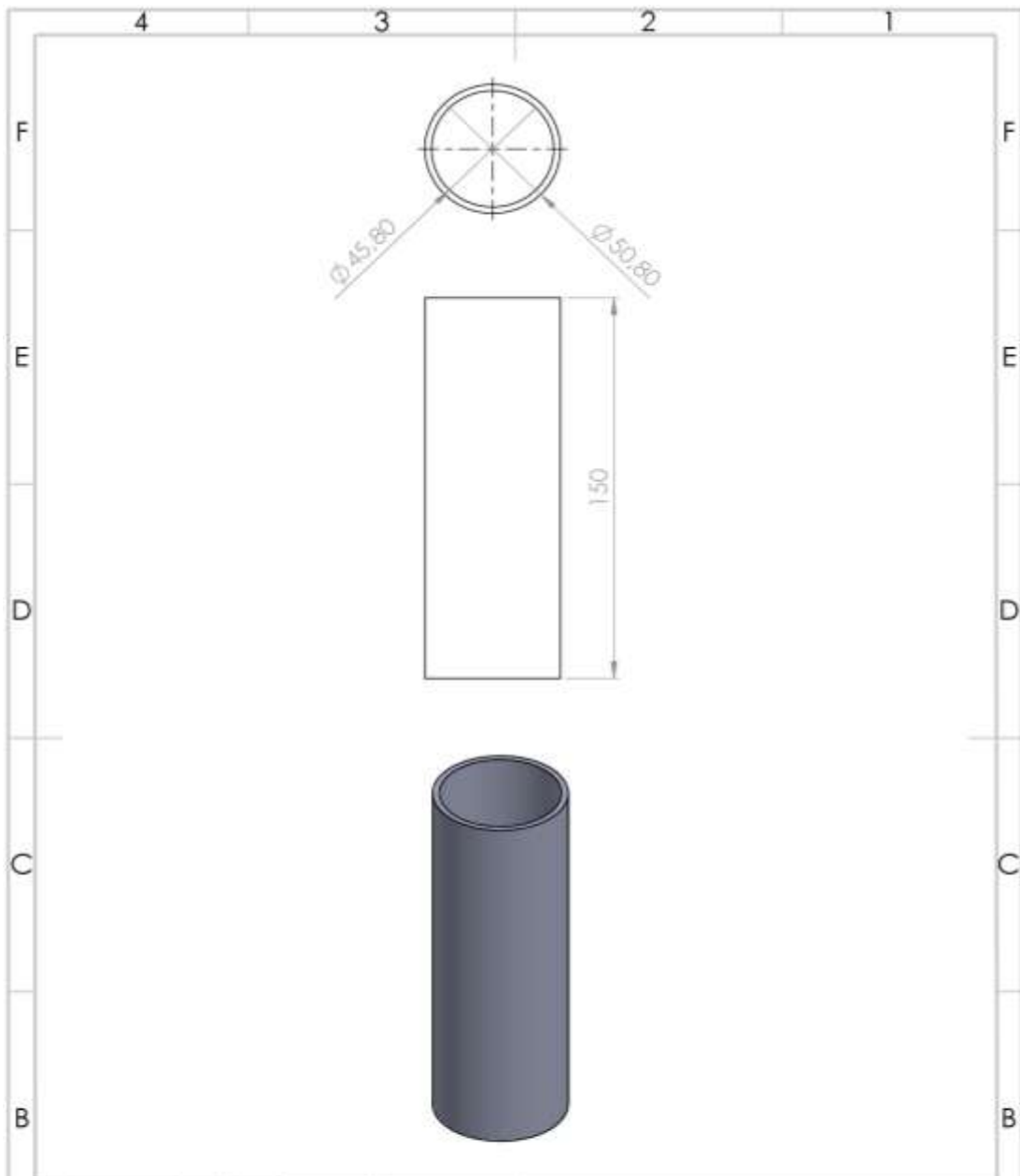






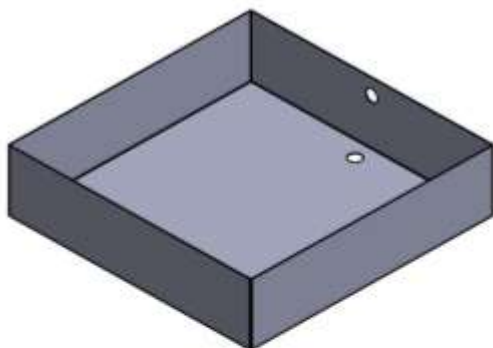
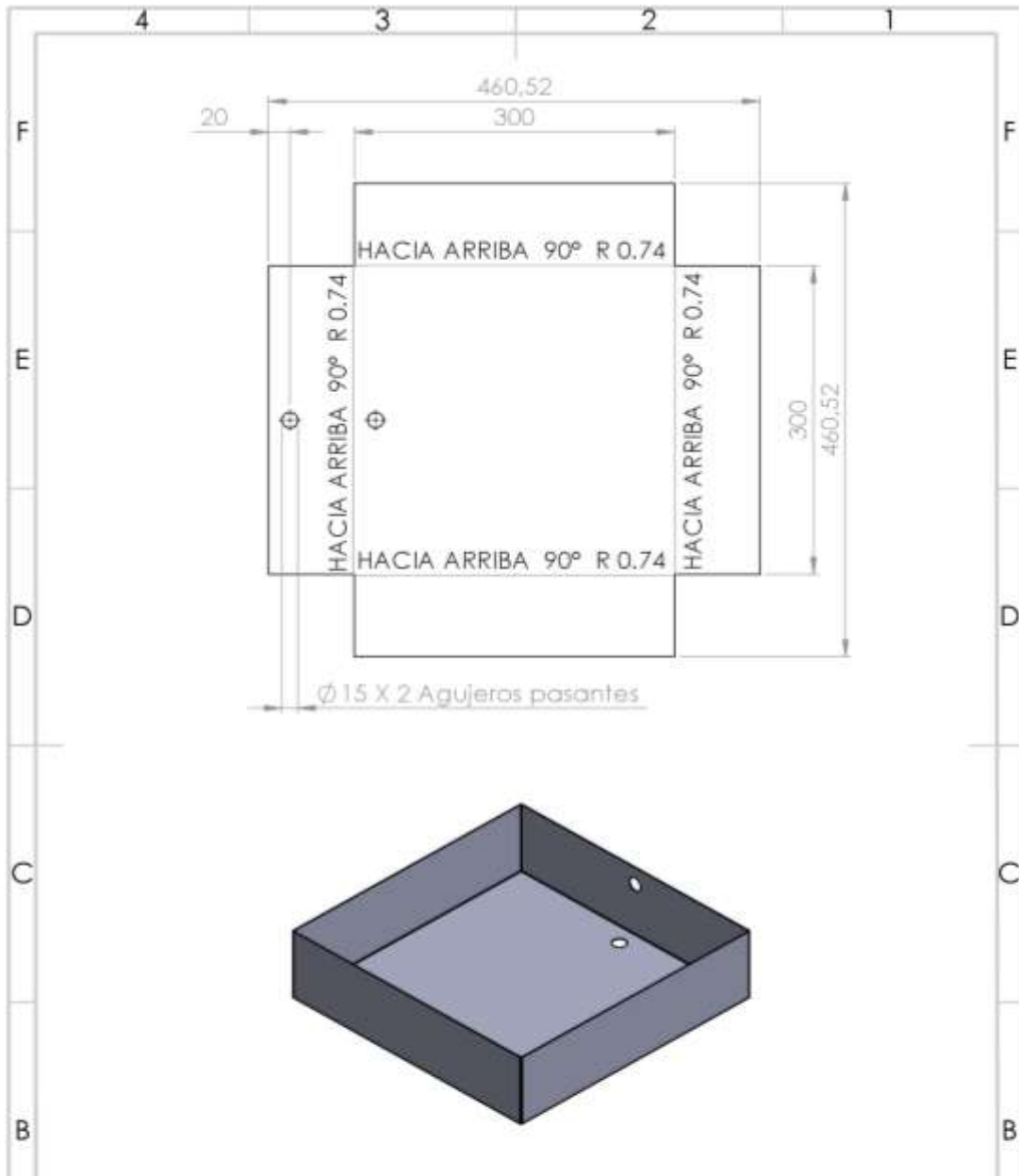






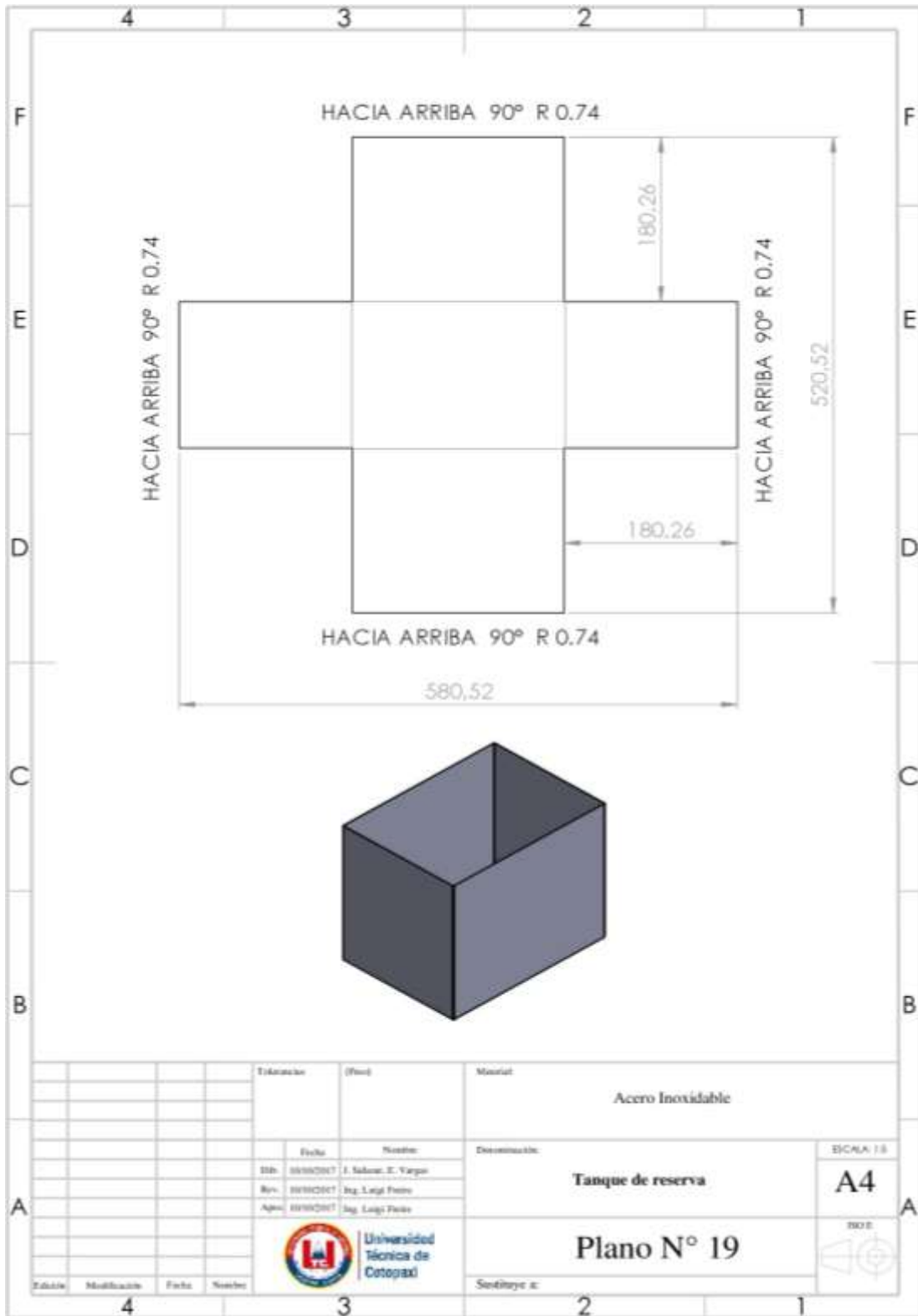
		Tolerancias	(Piso)	Materia:	Acero Inoxidable	
		Fecha	Nombre	Descripción:	Tubo de Soporte	
		Dib. H/1502517	J. Solano, E. Vargas	ESCALA: 1:2 A4 ISO E 		
		Rev. H/1502517	Ing. Luigi Ferrer			
		Apro. H/1502517	Ing. Luigi Ferrer			
		Universidad Técnica de Cotopaxi		Plano N° 17		
				Sustituye a:		





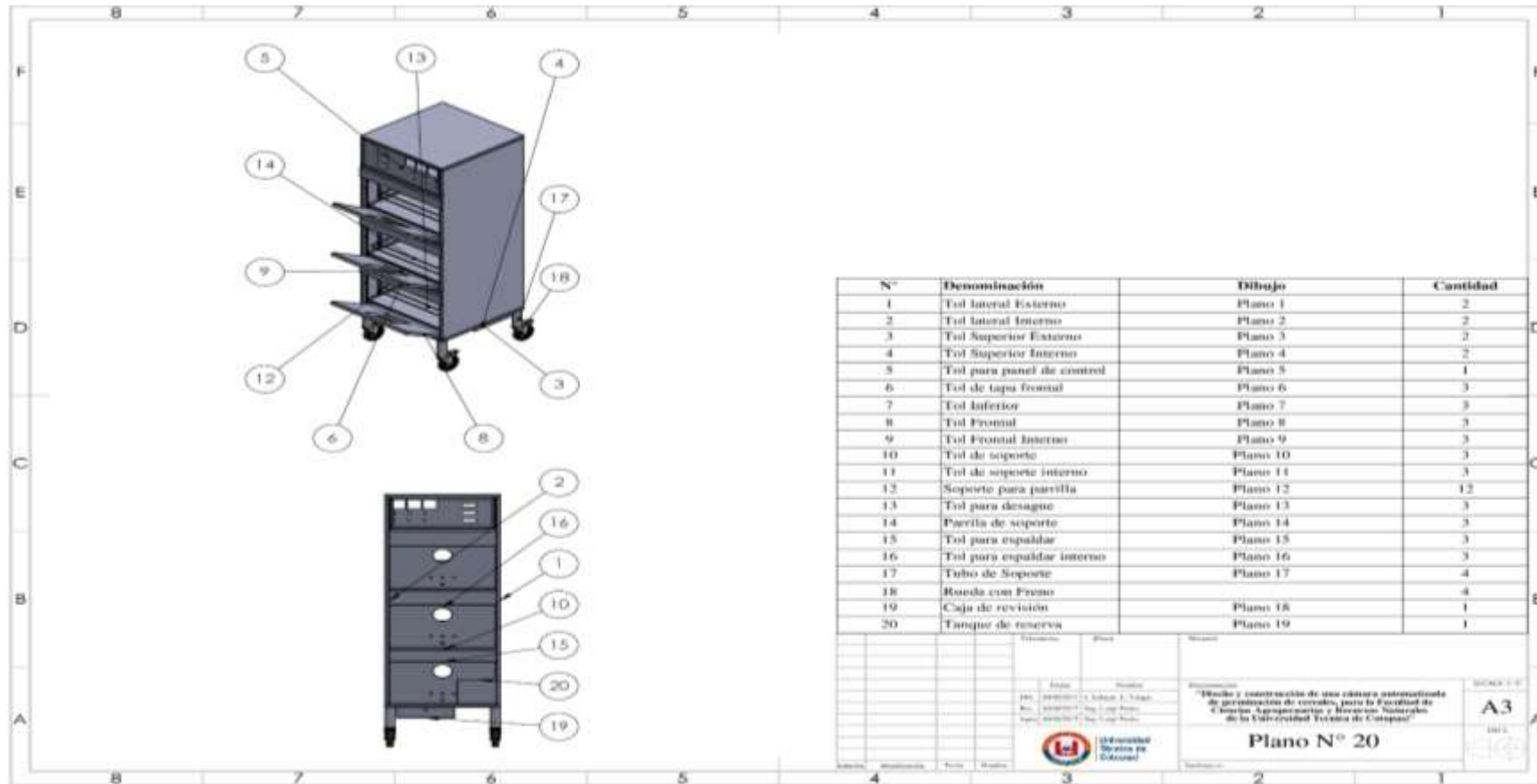
Especificaciones		(Peso)	Material		ACERO INOXIDABLE
		Fecha	Nombre	Descripción	
		Dib. 03/02/2017	J. Salazar, E. Vargas	Caja de revisión	
		Rev. 03/02/2017	Ing. Luigi Perea		
		Aprob. 03/02/2017	Ing. Luigi Perea		
		 Universidad Técnica de Cotopaxi		Escala: 1:1 A4 BDE	
Edición		Modificación	Fecha	Nombre	Sustituye a:
4			3		2





		Titolatada	(Plan)	Material	Acero Inoxidable
		Fecha	Nombre	Descripción	ESCALA 1:3
		Dib.	00/00/0007 J. Salazar, E. Vargas	Tanque de reserva	A4
		Rev.	00/00/0007 Ing. Luigi Flores		
		Aprob.	00/00/0007 Ing. Luigi Flores		
		 Universidad Técnica de Cotopaxi		Plano N° 19	ISO E
		Tabla Modificación Fecha Nombre		Señalado a:	
		4	3	2	1





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LAS INGENIERÍAS Y
APLICADA

TITULACIÓN:

GRADO EN INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

REGISTRO FOTOGRÁFICO



GERMINADOR
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA

TÍTULO:

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UNA CÁMARA AUTOMATIZADA DE GERMINACIÓN DE CERALES PARA LA FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”

AUTORES:

Oswaldo de Jesús Salazar Vargas

Edison Vargas Toaquiza





Foto 1: CONSTRUCCIÓN DEL GERMINADOR



Foto 2: PREPARACIÓN PARA EL CORTE DEL ACERO INOXIDABLE





Foto 3: ESTRUCTURAS DEL GERMINADOR ARMADAS



Foto 4: PARTE POSTERIOR DEL GERMINADOR



Foto 5: GERMINADOR LISTO PARA LA SOLDADURA





Foto 6: INTERIOR DE LA CÁMARA DEL GERMINADOR



Foto 7: ARMADO ELECTRÓNICO Y ELÉCTRICO DEL GERMINADOR





Foto 8: CONEXIONES DEL GERMINADOR



Foto 9: FUNCIONAMIENTO DEL GERMINADOR





UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
Octubre 2017 - Febrero 2018

