



UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

Ingeniería Electrónica

Desarrollo de un sistema Electrónico para la limpieza de virutas metálicas residuales en la punta de los dispositivos médicos con microcontrolador Arduino para la reducción de unidades desechadas durante el primer cuatrimestre del 2017.

Estudiante:

Mayer Josué García Espinoza

Tutor:

Eduardo Sanabria Guerrero

2017

DEDICATORIA

A mis abuelos Benito García Ortiz, María Teresa Espinoza Cambronerero, por su apoyo durante tantos años de estudio, por creer en mí y luchar por darme estudio enseñarme a crecer y a valorar.

A mi tío Luis García, por su ayuda sin compromiso durante muchos años, por la confianza durante cada desafío en este proceso.

Los quiero...

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios Nuestro Señor por su favor y su bendición,
por su misericordia y gracia para conmigo.

A la empresa Smith Nephew, por permitirme
realizar la Tesina en sus instalaciones.

Al Ing. Miguel Alfaro, Mananger de Ingeniería Smith Nephew Costa Rica,
por darme la oportunidad de trabajar en este proyecto.

Al Lic. José Medrano por su guía y orientación en la culminación de mi carrera.

Al Ing. Eduardo Sanabria por sus tutorías.


DECLARACIÓN JURADA

DECLARACIÓN JURADA

Yo Mayer Josue Garcia Espinoza , mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 503910010 egresado de la carrera de Ingeniería electrónica de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de __Bachillerato de ingeniería electrónica juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado:

DESARROLLO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA LA LIMPIEZA DE VIRUTAS METÁLICAS RESIDUALES EN LA PUNTA DE LOS DISPOSITIVOS MÉDICOS CON MICOCONTROLADOR ARDUINO PARA LA REDUCCIÓN DE UNIDADES DESECHADAS DURANTE EL PRIMER CUATRIMESTRE DEL 2017

es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los 23 días del mes de agosto del año dos mil 17.

 50391-0010
Firma del estudiante
Cédula

CARTA DEL TUTOR



CARTA DEL TUTOR

San José, 23 de Agosto del 2017

Señores
Departamento de Registro
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante Mayer Josué García Espinoza, cédula de identidad número 503910010, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "DESARROLLO DE UN SISTEMA AUTOMÁTICO PARA LA LIMPIEZA DE VIRUTAS METÁLICAS RESIDUALES EN LA PUNTA DE LOS DISPOSITIVOS MÉDICOS CON MICOCONTROLADOR ARDUINO PARA LA REDUCCIÓN DE UNIDADES DESECHADAS DURANTE EL PRIMER CUATRIMESTRE DEL 2017", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

Tabla 1 Calificación del proyecto

#	Rubro	% Teórico	% Asignado
a	Original del tema.	10	9
b	Cumplimiento de entrega de avances.	20	18
c	Coherencia entre los objetivos, los instrumentos aplicados y los resultados de la investigación.	30	29
d	Relevancia de las conclusiones y recomendaciones.	20	20
e	Calidad, detalle del marco teórico.	20	19
Total:		100	95

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,

Ing. Eduardo Sanabria Guerrero
Céd: 108610714
Tutor

CARTA DEL LECTOR



CARTA DEL LECTOR

San José, 27 de Octubre del 2017

Señores
Departamento de Registro
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante Mayer García Espinoza, cédula de identidad número 5-0391-0010, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "**DESARROLLO DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO PARA LIMPIEZA DE VIRUTAS METÁLICAS RESIDUALES EN LAS PUNTA DE LOS DISPOSITIVOS MÉDICOS CON MICROCONTROLADOR ARDUINO PARA LA REDUCCIÓN DE UNIDADES DESECHADAS DURANTE EL PRIMER CUATRIMESTRE DEL 2017**", el cual ha elaborado para obtener su grado de Bachillerato.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y análisis de datos, la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre éstos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atentamente,

Nombre del profesor: Mauricio Daniel Armas Sandí
Cédula de identidad: 1-1361-0843
Carné colegio profesional: IEL-22359

CARTA DEL FILÓLOGO

31 de octubre del 2017, Heredia.

Señores
Lectores
Presente

Estimados:

En carácter de filóloga yo, G. Karina Montero Fernández con cédula 1-1367-0502, integrante de la Asociación Costarricense de Filólogos con carné número 0109, encargada de la revisión del proyecto presentado por Mayer García Espinoza y cuyo trabajo se tituló: "Desarrollo de un sistema electrónico para la limpieza de virutas metálicas residuales en la punta de los dispositivos médicos con microcontrolador arduino para la reducción de unidades desechadas durante el primer cuatrimestre del 2017"; certifico que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designó.

Hago constar que se hicieron las correcciones pertinentes, las verificaciones morfológicas, sintácticas, de coherencia, cohesión, puntuación y de ortografía sin encontrar plagio en la investigación.



G. Karina Montero Fernández
Ced. 1-1367-0502.
ACFL, carné 0109.

CARTA DE APROBACION DEL PROYECTO

18 de agosto, 2017

Señores
Universidad Hispanoamericana, sede Llorente Tibás
Presente

Estimados señores,

Por medio de este medio hago constar que el Sr Mayer Garcia Espinoza contribuyó con el desarrollo del proyecto VAC_IO reducción de partículas metálicas. El mismo automatiza las estaciones de retrabajos en las unidades de manera manual evitando daños en los componentes, también este proyecto elimina el proceso de tubo guía de corte paso adicional de carga y descarga del sub ensamble lo cual genera un cuello de botella en el proceso.

En este sentido el Sr Mayer Garcia Espinoza trabajo en equipo con nuestro personal del Departamento de Ingeniería de Proceso y Producción para la confección del prototipo final considerando los detalles más relevantes, así como la ayuda necesaria, con esto se logró concretar el prototipo final del proyecto. Todo ligado a las políticas de mejoramiento continuo de la compañía.

Mediante la utilización de tecnología más adecuada y actualiza se logró crear un prototipo el cual viene a automatizar un sub proceso en una las líneas de manufactura, operaciones que son ejecutadas manualmente. Al concretar la automatización se logra una mejora en los tiempos y unidades desechadas.

Para este proyecto se estará realizando el proceso de validación mediante con los requerimientos y documentación interna y confidencial, cumpliendo las normas de la compañía y requerimientos de los agentes regulatorios

Se despide:



Miguel Alfaro | Engineering Manager | ASD, Costa Rica |
miguel.alfaro@smith-nephew.com
D 506-2204-1567
M 506-8708-9301
www.smith-nephew.com

TABLA DE CONTENIDOS

Índice general.....	viii
Índice de figuras.....	xii
Índice de tablas.....	xiv
Índice de Gráficas.....	xiv
TABLA DE CONTENIDO	
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DECLARACIÓN JURADA.....	iv
CARTA DEL TUTOR	v
CARTA DEL LECTOR	vi
CARTA DEL FILÓLOGO	vii
CARTA DE APROBACION DEL PROYECTO.....	viii
CAPÍTULO I. PROBLEMA DEL PROYECTO.....	16
1.1.1 Introducción al tema del proyecto	17
1.1.2 Antecedentes del contexto de la empresa	20
1.1.3 Justificación del problema	22
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	24
1.2.1 La idea del problema.....	24
1.2.2 La pregunta del problema.	26
1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	27
1.3.1 Objetivo general.	27
1.3.2 Objetivos específicos.	27
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	28
1.4.1 Alcances	28
1.4.2 Limitaciones.....	28
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	29
2.1 MARCO CONCEPTUAL.....	30
2.1.1 Sistema electrónico.....	30
2.1.2 Circuito eléctrico	31
2.1.3 Microcontrolador	32
2.1.4 Arduino	33

2.1.5 Sensor	34
2.1.6 Sensor Ultrasónico.....	35
2.1.7 Ionización.....	37
2.1.7.1 Pistola de aire ionizado.....	37
2.1.8 Relé de estado solido	39
2.1.9 Diseño Asistido por computadora	41
2.1.10 Software CAD	42
2.1.10.1 Solidworks	42
2.1.11 Mecanizado CNC	43
2.1.12 Fresadora CNC.....	44
2.1.13 Acero inoxidable	46
2.2 MARCO DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS.....	47
2.2.1 Seis Sigma.....	48
2.2.1.1 ¿Qué es Seis Sigma?	48
2.2.2 DMAIC	49
2.2.2.1 ¿Qué es el proceso DMAIC?	49
2.2.2.2. Herramientas de DMAIC	51
2.2.3 Carta del proyecto (Project charter).....	51
2.2.4 Mapa de proceso SIPOC	53
2.2.5 Voz del cliente (VOC).	53
2.2.6 Gráficos de barras.	53
2.2.7 Diagrama de flujo.....	54
2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DE UN PROYECTO.....	55
2.3.1 Estado del arte sobre la teoría de sistemas electrónicos de limpieza de virutas metálicas residuales en los dispositivos médicos con microcontrolador plataforma Arduino.....	55
2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS SEMEJANTES	56
2.4.1 Autores consultados: Coincidencias o discrepancias.....	56
CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO.....	57
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	58
3.2 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.....	60
3.3 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO.....	65

3.3.1 Control para la reducción de partículas metálicas en las puntas de los dispositivos médicos	67
CAPÍTULO IV DIAGNÓSTICO	68
4.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL	69
4.1.1 Instrumento para un diagnóstico	72
4.1.1.2 Definición del VOC (Voz del cliente)	72
4.1.1.3 Definición del Diagrama de flujo.....	73
4.1.1.4 Definición del Diagrama de bloques.....	75
4.2 RECOLECCIÓN DE DATOS, CARACTERÍSTICAS, PROTOTIPO.....	76
4.2.2 Procesamiento de la información	76
4.2.2.1 Fase de medición del VOC.	76
4.2.2.2 Fase de medición del diagrama de flujo.....	77
4.2.2.3 Fase de medición del diagrama de bloque.....	78
4.2.3 Características y prototipo.....	78
CAPÍTULO V. DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO.....	80
5.1 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA.....	81
5.1.1 Elección de la Propuesta.....	81
5.1.2 Diseño de la Propuesta	83
5.2 DESARROLLO DE LA PROPUESTA	85
5.2.1 Diagrama de Bloques.....	86
5.2.2 Conexión del sistema.	87
5.2.3 Diseño por computadora del sistema mecánico.....	93
5.2.4 Mecanizado de las partes del sistema mecánico.	97
5.2.5 Programación Arduino UNO.....	101
5.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO	103
5.3.1 Prueba de verificación de distancia máxima en el sensor del ultrasónico.	103
5.3.1.1 Calculo de la distancia de operación del sensor ultrasónico	106
5.3.2 Pruebas de verificación de eliminación de partículas en las unidades.....	107
5.3.3 Características técnicas del sistema de control electrónico.	114
5.3.4 Características técnicas Arduino Uno.	114
5.3.5 Características técnicas relé estado sólido.	115
5.3.6 Características de la pistola de aire ionizado.	116
5.3.7 Características del Omega Plus Vacuum.....	117
5.3.8 Características del sensor ultrasónico Parallax.....	119

5.4 REQUERIMIENTOS DE VALIDACIÓN DE EQUIPOS EN LA INDUSTRIA MÉDICA.....	120
5.4.1 Protocolos y Reportes de validación.....	120
5.4.2 Protocolos y reportes de validación	120
5.4.4 Calificación de la instalación (IQ).....	123
5.4.5 Calificación de operación (OQ).....	123
5.4.6 Calificación de rendimiento (PQ)	124
5.4.7 Validación de Proceso (utilizando el accesorio o equipo).....	124
5.5 AHORRO DE TIEMPOS	125
5.5.1 Diagrama bloques proceso actual y con la incorporación del sistema de control electrónico.....	127
5.5.2 Tiempos por operación.	129
5.6 LISTA DE CHEQUEO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL PROTOTIPO.....	131
5.7 VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO.....	132
5.8 INDICADOR DEL CONTROL DE UNIDADES DESECHADAS POR PARTÍCULAS METÁLICAS.....	133
CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	134
6.1 CONCLUSIONES	135
6.1 RECOMENDACIONES.....	137
BIBLIOGRAFÍA.....	139
ANEXOS	143
ANEXO 1	144
ANEXO 2	145
ANEXO 3	149
ANEXO 4	150
ANEXO 5	154
ANEXO 6	158
ANEXO 7	159
ANEXO 8	162
ANEXO 9	180
ANEXO 10	184

Índice De Figuras

Figura 1 Microcontrolador	32
Figura 2 Arduino UNO	33
Figura 3 Principio de funcionamiento de los sensores Ultrasónicos.....	36
Figura 4 Modulo HC-SR04	36
Figura 5. Pistola de aire Ionizado	38
Figura 6 Modulo Relé de estado Solido	40
Figura 7 Machine shop Fresadora.....	45
Figura 8 Proceso DMAIC	49
Figura 9 Project Chapter	52
Figura 10 Plan de implementación Fuente: Elaboración propia	62
Figura 11 Diagrama del proceso	69
Figura 12 Tubo de Guía de corte	71
Figura 13 Partículas metálicas en el parte principal del Dispositivo	71
Figura 14 Partículas metálicas	72
Figura 15 Diagrama de proceso de línea celda 2.....	74
Figura 16 Diagrama de bloques de una línea de producción Smith and Nephew Costa Rica	75
Figura 17 diseño mecánico del proyecto	83
Figura 18 Configuración de la Propuesta	84
Figura 19 Diagrama de bloques del sistema	87
Figura 20 Diagrama interno Arduino UNO.....	88
Figura 21 Diagrama del Sensor Ultrasónico.....	89
Figura 22 Diagrama de conexión.	90
Figura 23 Conexión física Arduino Uno Sensor Ultrasónico.....	91
Figura 24 Conexión física relé estado sólido Arduino.	92
Figura 25 Caja de control sistema electrónico	92
Figura 26 Diseño SolidWorks Almohadilla de base pistola de aire.....	93
Figura 27 Diseño SolidWorks base inferior.	94
Figura 28 Diseño SolidWorks base inferior para capsula cilíndrica.....	94
Figura 29 Diseño SolidWorks base superior para capsula cilíndrica.....	95
Figura 30 Diseño SolidWorks Soporte laterales.	95
Figura 31 Diseño Solidworks cápsula cilíndrica.	96
Figura 32 Base para sensor ultrasónico.	96
Figura 33 Diseño mecánico final.	98
Figura 34 Sistema de aspiración Omega Supreme Quiet Vacuum.	99
Figura 35 Acople del Omega Supreme Quiet Vacuum al prototipo final.	99
Figura 36 Montaje de la pistola de aire ionizado al prototipo final.....	100
Figura 37 Montaje del sensor ultrasónico al prototipo final.	100

Figura 38 Diagrama de flujo de la rutina principal.	102
Figura 39 Dimensiones base acrílica.	103
Figura 40 Dimensiones base superior cápsula cilíndrica.	105
Figura 41 Muestra 1, unidad médica.	108
Figura 42 Muestra 2, unidad médica.	108
Figura 43 Muestra 3, unidad médica.	109
Figura 44 Boquilla de unidades médicas.	111
Figura 45 Boquilla de las unidades médicas.	112
Figura 46 Dimensiones de la boquilla	113
Figura 47 Dimensiones de la boquilla	113
Figura 48 Vacomegas	117
Figura 49 Filtro HEPA.	117
Figura 50 Diagrama de bloque para protocolos de validación.	121
Figura 51 Diagrama de bloques para reportes de validación.	122
Figura 52 Eliminación de tubo de guía de corte.	125
Figura 53 Eliminación de Criterios en la estación altura del espaciador.	126
Figura 54 Eliminación de criterio estación ensamble del curado.	126
Figura 55 Diagrama de proceso actual.	128
Figura 56 Diagrama de proceso con el sistema electrónico	128

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Guía para la planificación de fechas del proyecto	63
Tabla 2 Equipo de trabajo	64
Tabla 3 Plan para el control y seguimiento del proyecto	66
Tabla 4 Indicador del Control de unidades desechadas por partículas metálicas	67
Tabla 5 VOC (voz del cliente)	73
Tabla 6 Lista de chequeo de las características del prototipo	79
Tabla 7 Cotización del proyecto	82
Tabla 8 Mediciones para el cálculo de operación del sensor ultrasónico	106
Tabla 9 Pruebas de activación.	107
Tabla 10 Números de parte a utilizar por el sistema electrónico	110
Tabla 11 Características técnicas del Arduino Uno	114
Tabla 12 Características técnicas del relé estado sólido	115
Tabla 13 Características técnicas de la pistola de aire ionizado	116
Tabla 14 Características técnicas del Omega Supreme Quiet Vacuum	118
Tabla 15 Características técnicas del sensor Ultrasónico	119
Tabla 16 Tiempos de operación	129
Tabla 17 Lista de chequeo de las características del prototipo completada	131
Tabla 18 Plan para el control y seguimiento del proyecto	132
Tabla 19 Indicador del control de unidades desechadas por partículas metálicas ...	133

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Graficas 1 Gráficos de barras	54
Gráfica 2 Unidades aceptadas versus Unidades desechadas	70

CAPÍTULO I. PROBLEMA DEL PROYECTO

1.1.1 Introducción al tema del proyecto

El presente proyecto se basa en conocimientos de ingeniería electrónica aplicados en el ámbito de la manufactura de dispositivos médicos, cuyo objetivo principal es resolver la problemática relacionada al defecto de partículas metálicas en las puntas de las unidades médicas, esto ha llevado un número significativo de unidades desechadas en el periodo del 2016.

De manera que el primer capítulo del presente escrito se abarca el tema relacionado a la problemática del proyecto, en él se enfatiza en la manera en como se ha venido comportando la situación del problema, además de los antecedentes de la compañía y la justificación propia que describen el impacto que tendría este proyecto en al área de manufactura. También se habla de la definición del problema asociado al entorno a resolver, en ella se describe cuáles son variables a considerar para su solución, se detallan los objetivos generales y específicos estos son establecidos para llevar los resultados concretos respecto a la solución de la problemática y por último los alcances y limitaciones, en los alcances se explican los hechos de gran relevancia, en las limitaciones se mencionan los obstáculos que se podrían incidir en los resultados durante la elaboración del proyecto.

El segundo capítulo se desarrolla el marco teórico, en él se da énfasis a todos los conceptos técnicos e investigativos en el cual se basa el marco conceptual, en este se presentan los conceptos más importantes que son explicados de menor a mayor relevancia en el desempeño y desarrollo del diseño por ejecutar. También se aborda el marco de gestión del proyecto, este indica la planeación y la manera de

cómo se implementa el proyecto, incluye el abordamiento del sustento de las fases de desarrollo del cómo es el diseño e implementación del sistema electrónico de limpieza por aire ionizado y desecho de residuos por aspiración controlado con microcontrolador Arduino. Se incluyen los antecedentes de teorías de proyectos que se relacionen con el mismo problema a resolver, se citan los resultados y las conclusiones, adicional se explican las diferencias con respecto al plan que se desarrollará.

En el tercer capítulo se presentan las características particulares del proyecto, en este apartado se da explicación del tipo de investigación, se aborda la metodología para la propuesta de mejora del trabajo, además que otras variables se toman en cuenta para nuevos desarrollos. Dentro de esta sección se explica la metodología para la implementación del proyecto, se indican los detalles de la implementación planteada, el método que utiliza la compañía para los nuevos planes, el tipo de pruebas que se llevaran a cabo para la implementación de ellos, se mencionan las etapas de su creación, los recursos, la instrumentación, cambios de manuales en los procesos de manufactura. En este tercer capítulo se explica el control y seguimiento del proyecto enfocándose en los resultados, así como el tipo de indicadores de unidades desechas especialmente partículas metálicas.

En el cuarto capítulo se enfoca en el diagnóstico de los datos y hechos sistemáticos, para ello se evalúa el diseño y desarrollo de manera que se establece primeramente cuales son los requerimientos básicos que debe tener un sistema

electrónico de limpieza por aire ionizado y desecho de residuos por aspiración, en este apartado se mencionan las formas de recolección de datos, características del prototipo mediante entrevistas, observaciones, sesiones en profundidad y procesamiento de la información.

El quinto capítulo abarca todo en cuanto al diseño del sistema electrónico de limpieza por aire ionizado y desecho de residuos por aspiración controlado con microcontrolador, se abordan los detalles técnicos aplicados y se explica el desarrollo de acuerdo a los objetivos que se mencionan en el primer capítulo, también se especifican los componentes del diseño del proyecto y su funcionamiento sumando el costo de implementación que tendría para la empresa. Se desarrollan las pruebas de funcionamiento del sistema, así como los requerimientos de validación de equipos en la industria médica, también se aborda el ahorro de tiempos de operación en función al proceso actual.

En el sexto capítulo se basa en las conclusiones, las recomendaciones, se identifican los objetivos alcanzados del proyecto, también se indican los principales resultados, efectos e impactos esperados, los beneficios directos e indirectos de las deducciones del proyecto y por último el desglose de las acciones de las recomendaciones y se mencionan las causas de las deficiencias encontradas. Como último punto del sexto capítulo se desglosa la bibliografía de la información sustraída para el proyecto.

1.1.2 Antecedentes del contexto de la empresa

“De acuerdo a los antecedentes del contexto de la empresa, el grupo tiene una historia que se remonta 160 años a la empresa familiar de Thomas James Smith, que abrió una pequeña farmacia en Hull, Inglaterra en 1856. En su muerte en 1896, su sobrino Horatio Nelson Smith se hizo cargo de la gestión del negocio. A finales de los años noventa, Smith & Nephew se había expandido hasta convertirse en un conglomerado de salud diverso con operaciones en todo el mundo, incluyendo varios dispositivos médicos, productos de cuidado personal y tratamientos de heridas tradicionales y pioneros.” (Smith Nephew 2017).

En 1998, Smith & Nephew anunció una importante reestructuración para enfocar la atención de la administración y la inversión en tres unidades de negocio (manejo de heridas, endoscopia y ortopedia) que ofrecieron altas oportunidades de crecimiento. En 2001, Smith & Nephew se convirtió en un miembro constituyente del índice FTSE-100 en el Reino Unido, esto significa que Smith & Nephew está incluido en las 100 mejores empresas cotizadas en la Bolsa de Londres, medidas en términos de capitalización de mercado (Smith Nephew 2017). Hoy en día, Smith & Nephew es una sociedad anónima constituida y con sede en el Reino Unido y que opera en muchos países de todo el mundo incluyendo Costa Rica.

La tecnología en cuanto a sus productos, cuenta con la tecnología COBLATION es ideal para los procedimientos otorrinolaringológicos como la amigdalotomía, la adenoidectomía, la reducción de los cornetes nasales

hipertróficos, la polipectomía laríngea y la reducción en el volumen de la lesión, la paleta blanda, el ronquido y la cirugía sinusal (Smith Nephew 2017).

Esta tecnología de plasma COBLATION crea un campo de plasma controlado y estable para eliminar con precisión el tejido a una temperatura relativa baja. El plasma se forma creando un campo de energía de alta densidad dentro de un fluido conductor eléctrico, tal como solución salina. Sin solución salina integrada, el plasma debe formarse utilizando el líquido intersticial del cuerpo, que se disipa rápidamente una vez energizado. La tecnología de plasma COBLATION utiliza energía bipolar para ayudar a controlar la cantidad de energía y calor entregada al tejido circundante. Al combinar la energía bipolar con el suministro continuo de solución salina, los dispositivos de tecnología COBLATION son capaces de crear una capa de plasma estable de sólo 100µm-200µm de grosor alrededor del electrodo activo. Esto permite la extirpación exacta del tejido mientras se minimiza el calor que se transfiere al paciente y asegura una cantidad controlada de plasma a lo largo de todo el procedimiento (Smith Nephew 2017).

Una vez teniendo presente el funcionamiento y sus datos, el enfoque de este proyecto será el área de manufactura de los dispositivos médicos de la tecnología COBLATION, para ser posible esto se debe presentar una justificación al problema.

1.1.3 Justificación del problema

En los procesos de manufactura están presentes controles e inspecciones, esto con el fin de detectar y remover de manera manual material foráneo, en este caso en específico partículas metálicas. En el progreso se encuentra un tubo guía de corte, paso adicional de carga y descarga del sub ensamble que redujo la capacidad en la operación de trabajo en un 5%, lo cual genera un nuevo cuello de botella en el transcurso.

Este proyecto dirige al uso de los operadores de la compañía ya que tendrían una herramienta electrónica más útil a su alcance y con esto se podrían alcanzar diversos beneficios en remover las partículas metálicas, también si se toma en cuenta la parte ergonómica de cada operario por los movimientos repetitivos para remover actualmente de manera manual las partículas.

El diseñar e implementar un sistema electrónico de limpieza por aire ionizado y desecho de residuos por aspiración para obtener la reducción de partículas metálicas en las puntas de los dispositivos médicos es de importancia, pues es un instrumento que ayudará a con la disminución de cualquier material foráneo. De igual manera con este aparato se facilitará su uso, el espacio utilizado y también el tiempo de ejecución eliminando controles adicionales como el proceso del tubo guía de corte. Además, se tendrá un beneficio a nivel del ámbito económico mejorando el costo asociado y el costo por variación semanal del total de las órdenes.

La implementación de este proyecto beneficia al proceso pues se le proporciona una herramienta para llevar a cabo con mayor grado de efectividad el remover las partículas en las puntas de los dispositivos médicos, cuya afectación en los pacientes de acuerdo al departamento de R&D (departamento R&D Smith & Nephew USA 2017), Research & Development, es crítica, ya que este tipo de partículas podría causar una prolongación durante la operación así como también podrían causar una respuesta inmune en el paciente .

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 La idea del problema.

Al inicio del 2016 se encontró un número significativo de órdenes de trabajo con partículas metálicas incrustadas en la corona adhesiva del dispositivo, de acuerdo a la valoración de los diseñadores de los productos (departamento R&D Smith & Nephew USA 2017), se indicó que estas partículas metálicas no son aceptables debido a los problemas que podrían ocasionar a los pacientes. Estas se detectaron después del procedimiento “Corona para Bondshaft” y después del curado de adhesivo, debido a este problema todas las unidades detectadas en las diferentes inspecciones durante el ensamble son desechadas, por consecuente aumentando considerablemente el número de unidades rechazadas de cada orden de trabajo.

El problema de las unidades que presentan partículas metálicas en los dispositivos médicos, ha generado desde la semana 02 hasta la semana 28 del 2016 una tasa de unidades desechadas de 4171 en ellas, con un costo asociado cuyo monto es de \$ 45,300 dólares (\$ 37.89 / unidad) la contribución general de la pérdida de rendimiento (aumento la semana / 0,16%). Por otra parte, dentro de las evaluaciones relacionadas al problema se tiene un YIELDL (pérdida de eficiencia) monitoreada semana a semana, se evalúa el porcentaje de lo producido entre lo que se desecha por el defecto este porcentaje no debe superar 1.4%, también el MUV

(variación en el costo de la orden de producción) el costo por variación semanal del total de las órdenes no debe superar \$45K USD. EL aporte del defecto no debe superar el 1.4% del total, también un numero de NCRs (cantidad de no conformidades) muestreos de calidad fallidos por semana impactando a las métricas de producción.

Actualmente ante el defecto de partículas metálicas, se han realizados cambios en los procedimientos como, por ejemplo, criterios nuevos de inspección, re trabajos en las unidades de manera manual que implican un posible daño en los componentes. Dentro de unos de esos cambios implementados incluyó un tubo guía de corte y un paso adicional de carga y descarga del subensamble que redujo la capacidad en la operación de trabajo en un 5% lo cual genera un nuevo cuello de botella en el proceso.

Aunque ante el problema se han implementado cambios manuales en los procesos de manufactura el problema recalca en que debido a manipulación adicional a las unidades se podría generar un posible daño en los componentes, y que la capacidad de operación de trabajo disminuye afectando la cantidad de unidades procesadas durante la semana.

1.2.2 La pregunta del problema.

La falta de una herramienta electrónica eficaz y eficiente enfocado a los procesos de manufactura para la remover partículas metálicas en la parte principal de las unidades médicas. Así pues: ¿De qué manera se puede solventar la falta de una herramienta electrónica útil para la reducción de partículas metálicas en las unidades de los dispositivos médicos?

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Objetivo general.

Desarrollar un sistema electrónico de limpieza por aire ionizado y desecho de residuos por aspiración controlado con microcontrolador Arduino para obtener la reducción de partículas metálicas en las puntas de los dispositivos médicos.

1.3.2 Objetivos específicos.

- 1- Establecer una conexión mediante el uso de Arduino y sensor ultrasónico conforme a los requerimientos del sensor.
- 2- Elaborar un código que permita las limpiezas de virutas metálicas mediante el uso de la plataforma Arduino de acuerdo a los estándares mínimos requeridos en los dispositivos médicos.
- 3- Desarrollar un acople mecánico mediante el uso de material y herramientas varias de acuerdo a los estándares médicos de calidad.
- 4- Desarrollar un prototipo de limpieza de residuos en equipo médico mediante el uso de tecnologías y herramientas varias de acuerdo a los estándares de validaciones en la industria médica de acuerdo a la norma ISO 13485.

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.4.1 Alcances

Con el diseño de un sistema electrónico de limpieza por aire ionizado , permite que el número de unidades desechadas por el defecto de partícula metálica sea menor en comparación con la actualidad, por consecuente el funcionamiento del sistema electrónico también ataca cualquier otro material foráneo que se encuentre en la punta de los dispositivos médicos, de esta manera se optimizarán los procesos manuales e inspecciones, ayudando también en la reducción de inspecciones redundante y mejorar los tiempos de ejecución.

1.4.2 Limitaciones

Unas de las limitaciones que se podría presentar en este proyecto, es que para toda nueva implementación de desarrollo es requerido hacer protocolos de validaciones, estos deben ser aprobados por todos los departamentos de regulaciones de la compañía.

Los materiales a utilizar en el diseño, son materiales validados para industria médica, una limitante en caso que se deba hacer un cambio de material se debe hacer pruebas de pruebas de citotoxicidad para determinar la biocompatibilidad de los materiales.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 MARCO CONCEPTUAL

El presente proyecto se basa en conocimientos de ingeniería electrónica aplicados en el ámbito de la manufactura de dispositivos médicos. De esta manera se presentan a continuación los conceptos más importantes que deben ser tomados en consideración, estos se presentan de menor a mayor relevancia en el desempeño y desarrollo del sistema por ejecutar.

2.1.1 Sistema electrónico

En primer lugar, se define el elemento más básico, un sistema, según la Real Academia Española, es “el conjunto de cosas que relacionadas entre sí ordenadamente contribuyen a determinado objeto” (RAE, 2001). Existe gran variedad de clasificaciones de los sistemas, por ejemplo, aquellos que se desarrollan en función de la técnica o de la energía, como los mecánicos, los neumáticos, los hidráulicos y los electrónicos.

Un sistema electrónico de acuerdo con Pisuerga (2006) “es un conjunto de circuitos electrónicos, cuya misión es controlar de forma automática el funcionamiento de algunas máquinas, sensores y operadores”. Del mismo modo Lacayo (2011) define este tipo de sistema como “un conjunto de circuitos que interactúan entre sí para obtener un resultado”.

Para el desarrollo del presente proyecto un sistema electrónico, es el conjunto de circuitos eléctricos los cuales se comunican por medio de diferentes tecnologías, para obtener datos de sensores y controlar una serie de subsistemas.

“Los sistemas electrónicos se dividen en tres bloques, el bloque de entrada, el de proceso y el de salida, cada uno de ellos realiza sus funciones por medio de diferentes circuitos eléctricos”. (IES Las Sabinas, 2008)

2.1.2 Circuito eléctrico

Un circuito eléctrico según Primo (2011) es “un conjunto de elementos empleados para la transmisión y control de la energía eléctrica desde el generador hasta el receptor”. De igual manera se define un circuito eléctrico como “la interconexión de elementos eléctricos unidos entre sí, de tal forma que pueda fluir una corriente eléctrica” (Aracil, 2004).

Según SEAT (1996) menciona que un circuito eléctrico se considera “como el camino que recorre la corriente desde un generador de tensión esta denominada fuente, hasta un dispositivo consumidor o carga que es la encargada de consumir energía para producir trabajo”. Por su parte, Gómez (2000) indica que un circuito eléctrico “es todo un conjunto formado por resistencia, bobinas, condensadores, transformadores etc., conectados entre sí y en los cuales cuando se produce una excitación de tensión, corriente se origina una respuesta de tensión y corriente”.

2.1.3 Microcontrolador

Según Aguayo (2004) un microcontrolador “es un dispositivo electrónico con la capacidad de llevar a cabo procesos lógicos, los cuales son programados en lenguaje ensamblador por el usuario y son introducidos en este a través de un programador”. De forma similar De La Cruz (2010) define un microcontrolador “como un dispositivo electrónico encapsulado en un chip, capaz de ejecutar un programa”.

Cifuentes (2011) menciona que los microcontroladores son “dispositivos programables que cuentan con las partes mínimas requeridas que necesita un computador tradicional para su funcionamiento, estas son una ALU (*Arithmetic Logic Unit*, Unidad lógico-aritmética), una memoria y unidades de entradas y salidas periféricos”. Por otra parte, “un microcontrolador es un dispositivo electrónico que cuenta con una arquitectura física interna pre establecida, pero de uso programable en forma secuencial” (Parallax, 2010).

Figura 1 Microcontrolador



Fuente: Electronic Components datasheet (2015)

Para este proyecto se utilizarán microcontroladores como el mostrado en la Figura 1, los cuales son dispositivos programables capaces de ejecutar una serie de instrucciones con base en los datos recibidos, provenientes de los sensores que forman parte de la implementación electrónica por desarrollarse. Estos dispositivos se utilizan por medio de una placa Arduino para facilitar su uso y programación.

2.1.4 Arduino

Tal como lo explica Arduino, el dispositivo llamado Arduino “es una pequeña placa con un microcontrolador que se asienta en el ATmega328P que contiene 14 pines digitales de entrada/salida, 6 entradas análogas y un cristal oscilador de 16MHz” (Arduino, 2017).

Figura 2 Arduino UNO



Fuente: Arduino (2017)

Este tipo de placa necesita un programador como se indica en la Figura 2, el en cual se halla la interfaz entre el dispositivo y la computadora para la programación del mismo. El Arduino puede ser programado para controlar diferentes tipos de sensores.

2.1.5 Sensor

Como menciona Pallas (2005) un sensor “es un dispositivo que, a partir de la energía del medio donde se mide la señal de salida transductible, que es función de la variable medida”. También menciona que la finalidad de un sensor “es dar una salida eléctrica que corresponda con una determinada magnitud aplicada a su entrada. Dado que en las condiciones normales de utilización la magnitud de entrada varía lentamente, se distingue entre el comportamiento del sensor frente a entradas de valor constante, características estáticas y su comportamiento frente a entradas variables y características dinámicas” (Pallas, 2005).

Según menciona SILICA (2015), un sensor “es un dispositivo que recibe una señal o estímulo y responde con una señal eléctrica, indica también que los sensores pueden ser activos o pasivos”. Es decir, el sensor debe comunicarse con el microcontrolador, que se encargará de la recepción de datos del sensor, la activación por medio del sensor para el desarrollo del sistema electrónico será por medio de frecuencia ultrasónica lo cual se debe ser un sensor que posea estas características como lo es el sensor ultrasónico.

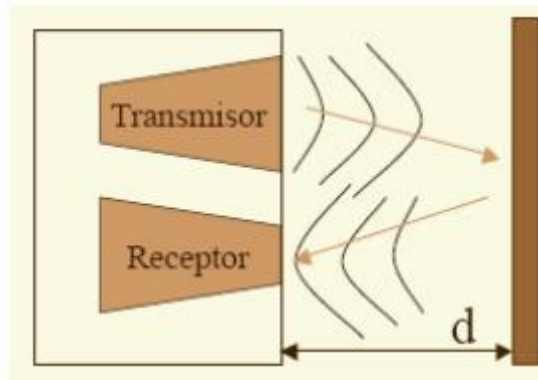
2.1.6 Sensor Ultrasónico

De acuerdo a Diego (2006) indica que “los ultrasónicos son antes que nada sonido, exactamente igual que los que oímos normalmente, salvo que tienen una frecuencia mayor que la máxima audible por el oído humano. Esta comienza desde unos 16Hz y tiene un límite superior de aproximadamente de 40KHz”. A este tipo de sonidos es a lo que llamamos Ultrasonidos

Tal como explica también Rincón (2008) “Los ultrasónicos son una radiación mecánica de frecuencia superior a los audibles (20KHz). Toda radiación al incidir sobre un objeto, en parte refleja, en parte se transmite y en parte es absorbida”.

El funcionamiento básico de los sensores ultrasónicos como medidores de distancia, donde se tiene un receptor que emite un pulso de ultrasonido, el cual rebota sobre un determinado objeto y la reflexión de ese pulso es detectada por un receptor de ultrasonidos. (Diego, 2006, p.1).

Figura 3 Principio de funcionamiento de los sensores Ultrasónicos



Fuente: <http://alcabot.org/seminario2006/Trabajos/DiegoPerezDeDiego.pdf>

Este sensor debe comunicarse con el microcontrolador, que se encargará de la recepción de ondas de frecuencias, para este proyecto se utilizará el módulo HC-SR04 mostrado en la Figura 4, este será el encargado de detectar las unidades médicas de acuerdo a la distancia de proximidad que será programada mediante el microcontrolador Arduino, además de controlar las partes restantes del sistema electrónico como lo es relé de estado sólido para la activación de sistema de limpieza por aire ionizado y desecho de residuos por aspiración.

Figura 4 Modulo HC-SR04



Fuente: ElectroniLab (2017)

2.1.7 Ionización

Según EcuRED (2017) la ionización se conceptualiza como “un átomo o una molécula que tiene carga eléctrica, ya sea negativa o positiva.”. El verbo ionizar, por su parte, hace referencia a la disociación una molécula en diferentes iones o a la transformación de una molécula o de un átomo en un ion. La ionización, por lo tanto, es un procedimiento a través del cual se generan iones (un átomo o una molécula que dispone de carga eléctrica a partir de ganar o de perder una cierta cantidad de electrones). EcuRed (2017)

Como parte del desarrollo de un sistema electrónico para remover partículas en las puntas de los dispositivos médicos el aire ionizado será el principal factor de contacto con las unidades.

2.1.7.1 Pistola de aire ionizado

Según indica Digi-Key electronics (2017), la pistola de aire ionizado “es una herramienta para quitar partículas contaminantes de la mayoría de las superficies, incluso de productos sensibles a la estática, por otro lado, menciona que proporciona ionización constantemente equilibrada para control constante de las cargas superficiales”.

Tal como explica 3M (2017), la pistola de aire ionizado “es una herramienta excelente para el soplado de partículas, libera una corriente equilibrada de aire

comprimido que neutraliza la carga estática que puede contener partículas a una superficie”.

Figura 5. Pistola de aire Ionizado



Fuente: 3M Ciencia aplicada a la vida (2017)

De esta manera la pistola de aire ionizado como el mostrado en la Figura 5 se utilizará como dispositivo encargado del soplado de partículas. Este equipo deberá comunicarse con el microcontrolador central, que se encargará de la recepción de los datos provenientes del sensor ultrasónico según se explicó en la sección 2.1.6, la activación del circuito eléctrico para la transmisión y control de la energía eléctrica desde el generador hasta el receptor según se explicó en la sección 2.1.2, esto es posible mediante un relé de estado sólido.

2.1.8 Relé de estado sólido

Pallas (1993, p.341) afirma que “un relé de estado sólido (SSR, Solid State Relay) es un conmutador electrónico basado en semiconductores que ofrece aislamiento eléctrico de control (entrada) y un circuito de carga (salida) sin elementos móviles ni contactos (...)”.

Como menciona Hermosa (1997, p.202) los relés de estado sólido “son dispositivos basados en componentes opto electrónicos que permiten el control de una carga de cierta potencia mediante señales de control de baja potencia, con aislamientos galvánico.”

Molina Morocho M, Pruna Vásquez L. (2011, p.41-42) indica que “relé de estado sólido es un dispositivo que utiliza un interruptor de estado sólido como el tiristor, en lugar de contactos mecánicos, para conmutar cargas de potencia a partir de señales de control de bajo nivel, como los circuitos digitales” (...). También indica que es un elemento que permita aislar eléctricamente el circuito de entrada o mando y el circuito de salida”.

El relé de estado sólido en este proyecto se define control de carga para la activación de elementos de alta potencia que debe de existir las señales de control de baja potencia para este caso el microcontrolador Arduino.

Figura 6 Modulo Relé de estado Solido



Fuente: CRCibernetica (2017) 2 Channel 5V Relay Module

De esta manera el módulo relé de estado sólido como el mostrado en la Figura 6 se utilizará como dispositivo encargado de conmutación entre el mando de control de bajo potencia y los elementos de alta potencia uno de ellos es como el que se mostró en la sección 2.1.7 Figura 5, pistola de aire ionizado. Este módulo deberá comunicarse con el microcontrolador central, que se encargará de la recepción de las señales provenientes del sensor ultrasónico, el cual por medio del módulo relé de estado sólido activarán los elementos de alta potencia, pistola de aire ionizado y el sistema de aspiración.

2.1.9 Diseño Asistido por computadora

El diseño asistido por computadora suele asociarse con graficas interactivas en computadora, y se conoce como sistema CAD (de Computer-Aided Desing, sistema asistido por computadora). Estos sistemas “son medios poderosos que se usan en el diseño mecánico y en el modelado geométrico de productos y componentes” (Kalpakjian, Serope y Schmid, Steven R. 2002, p.1071).

Sánchez G. (2013) menciona que el diseño asistido por computadora “representa el conjunto de aplicaciones informáticas que permiten a un diseñador definir el producto a fabricar”. Por otro lado, indica que “permite procesar la información conforme a las características del diseño de una pieza mecánica o una planta arquitectónica”.

Para este proyecto el diseño asistido por computadora es de vital importancia, ya que formará parte del desarrollo del diseño mecánico donde encajarán todos los elementos electrónicos del sistema electrónico de limpieza por aire ionizado y desecho de residuos por aspiración.

2.1.10 Software CAD

Como menciona Soluciones del Software PTC (2017). el software CAD hace más eficaz el proceso de diseño de productos porque automatiza técnicas que antes eran manuales, como el dibujo tradicional. Pero no se trata solo de comodidad. Las múltiples prestaciones del software CAD permiten a los usuarios aumentar la calidad del producto y reducir el tiempo de lanzamiento comercial.

Para este proyecto el software que se utilizará para el diseño del sistema electrónico de limpieza por aire ionizado y desecho de residuos por aspiración será de CAD, incluyendo el llamado Dassault Systèmes SolidWorks.

2.1.10.1 Solidworks

“Las soluciones de SolidWorks cubren todos los aspectos del proceso de desarrollo de productos con un flujo de trabajo integrado a la perfección, que incluye las etapas de diseño, validación, diseño sostenible, comunicación y gestión de datos. Los diseñadores y los ingenieros pueden abarcar fácilmente varias disciplinas, lo que acorta el ciclo de diseño, aumenta la productividad y agiliza la introducción de los productos en el mercado.” Soluciones del Software PTC (2017).

Para el desarrollo del sistema electrónico como se menciona en la sección 2.1.10 es importante el software de perspectiva del diseño mecánico, sin embargo, para la elaboración de la estructura se debe hacer un paso de mecanizado CNC de las partes diseñadas.

2.1.11 Mecanizado CNC

El mecanizado CNC rápido es “un proceso de fabricación sustractivo especialmente adecuado para la creación de prototipos, las pruebas de forma y ajuste, plantillas de guías y accesorios, y componentes funcionales para productos terminados. Las piezas se fabrican con procesos de fresado y torneado a alta velocidad en más de 30 materiales metálicos y plásticos aptos para ingeniería”. Protolabs (2017)

Según indica FundacionCIM (2017) La mecanización CNC es “un proceso de fabricación por erosión de hierro con centros de mecanización y torneado que incorporan uno o dos ejes de giro a los tres ejes principales de traslación”.

Grumeber (2017) en su artículo menciona que es un transcurso mediante el cual se fabrican mecanizado de piezas con la ayuda de computadoras que controlan las maquinas herramienta; gracias al Control Numérico por Computadora (CNC) se ha automatizado el proceso de fabricación de las piezas ya que permite utilizar un conjunto de instrucciones para controlar el mecanizado mediante un programa contando con la mínima intervención humana.

La tecnología de CNC se puede aplicar a una amplia gama de operaciones como el caso de la elaboración, el montaje, la inspección, así como el trabajo sobre hojas metálicas, etc. A pesar de ello, el control numérico se utiliza de manera más frecuente en los diferentes procesos de mecanizado de metales o aluminio tales como el torneado, el taladrado, o el fresado. Incluso y como consecuencia de la

configuración, las operaciones de mecanizado permiten fabricar a ritmo acelerado, dando como resultado una fabricación a granel que además es mucho más económica y mucho más precisa. FundacionCIM (2017)

2.1.12 Fresadora CNC

La fresadora es una máquina que “realiza trabajos mecanizados por arranque de viruta gracias por el movimiento de una herramienta rotativa de varios filos de corte (fresa). Gracias al fresado es posible mecanizar los más diversos materiales como madera, acero, hierro, fibra de carbono o de vidrio, metales no férricos, etc. en todo tipo de superficies” Fresadora (2017).

La fresadora se ha convertido en una máquina básica en el sector del mecanizado. La incorporación del control numérico la ha convertido en la máquina herramienta más polivalente por la gran variedad de trabajos que puede realizar y la flexibilidad que permite en el proceso de fabricación. El progreso técnico de diseño y calidad de las herramientas de fresar, han hecho posible el empleo de parámetros de corte extremadamente altos, por lo que los tiempos de mecanizado se han ido reduciendo drásticamente. Fresadora (2017).

Figura 7 Machine shop Fresadora



Fuente: <http://www.excaliburmfg.com/machine-shop/>

En la Figura 7 se muestra el tipo de fresadora CNC donde se realizará el mecanizado como se explica en la sección 2.1.12 de parte del diseño electrónico y adicional donde se encajarán todos los elementos electrónicos mencionados en las figuras 1, 4,5 y 6, en este tipo de máquinas es posible mecanizar los más diversos materiales para este proyecto el acero inoxidable será parte del diseño.

2.1.13 Acero inoxidable

Molera P. (1990, p.17) indica que “Los aceros Inoxidables son aleaciones base hierro que contienen, como mínimo un 12% de cromo, bajo contenido de carbono y porcentajes variables de níquel, molibdeno, titanio, vanadio, etc.”.

La guía de química (2017) en su artículo menciona que el acero inoxidable es:

“Una aleación de acero mezclado con, como mínimo, un 10% de cromo. Dicha composición confiere al acero grande resistencia contra la corrosión, ya que el cromo tiene una enorme afinidad por el oxígeno, y reacciona con éste formando, lo que se llama, una capa referente al óxido, pudiendo de ésta manera evitar la corrosión del hierro que contiene la aleación del acero. Es destacable que dicha capa protectora, puede verse dañada y afectada por algunos tipos de ácidos, consiguiendo que el hierro pueda ser oxidado. Es frecuente encontrar tipos de acero inoxidable, que contienen también otros elementos dentro de la aleación, en su gran parte, níquel y molibdeno”. La guía de química (2017)

2.2 MARCO DE LA GESTIÓN DE PROYECTOS.

El marco de la gestión de proyecto se refiere a las diferentes fases utilizadas en él, en el desarrollo del sistema electrónico las etapas serán llevadas a cabo contemplando los objetivos de acuerdo a la sección 1.3.2, adicional de la teoría Seis Sigma, así como la metodología DMAIC para la elaboración de las fases; para esto se explicarán en esta sección con mayor detalle su fundamento teórico.

Primero se va establecer una conexión mediante el uso de Arduino y sensor ultrasónico conforme a los requerimientos del sensor.

Segundo se Identificará los posibles requerimientos de los problemas relacionados a espacio, ergonomía, también del material a utilizar aptos para industria medica especial utilización en cuartos controlados, para adaptar el dispositivo de acuerdo a estos requerimientos.

Tercero se va elaborar un código que permita las limpiezas de virutas metálicas mediante el uso de la plataforma Arduino de acuerdo a los estándares mínimos requeridos en los dispositivos médicos.

Cuarto se va desarrollar un acople mecánico mediante el uso de material y herramientas varias de acuerdo a los estándares médicos de calidad.

Finalmente se va a desarrollar un prototipo de limpieza de residuos en equipo médico mediante el uso de tecnologías y herramientas varias de acuerdo a los estándares de validaciones en la industria médica de acuerdo a la norma 13485.

2.2.1 Seis Sigma

2.2.1.1 ¿Qué es Seis Sigma?

Seis sigmas “es un proceso altamente disciplinado que se enfoca en desarrollar y entregar productos y servicios casi perfectos en forma consistente, es también una estrategia de administración para utilizar herramientas estadísticas (...)” (Quality Council of Indiana, 2006)

Montero J. (2015, p.38) en su proyecto menciona que seis sigmas “es una metodología cuyo propósito es la mejora de los procesos enfocada en la disminución de los defectos y la reducción de sus variaciones; en otras palabras, un producto libre de defectos y se utiliza para medir el rendimiento de un proceso.

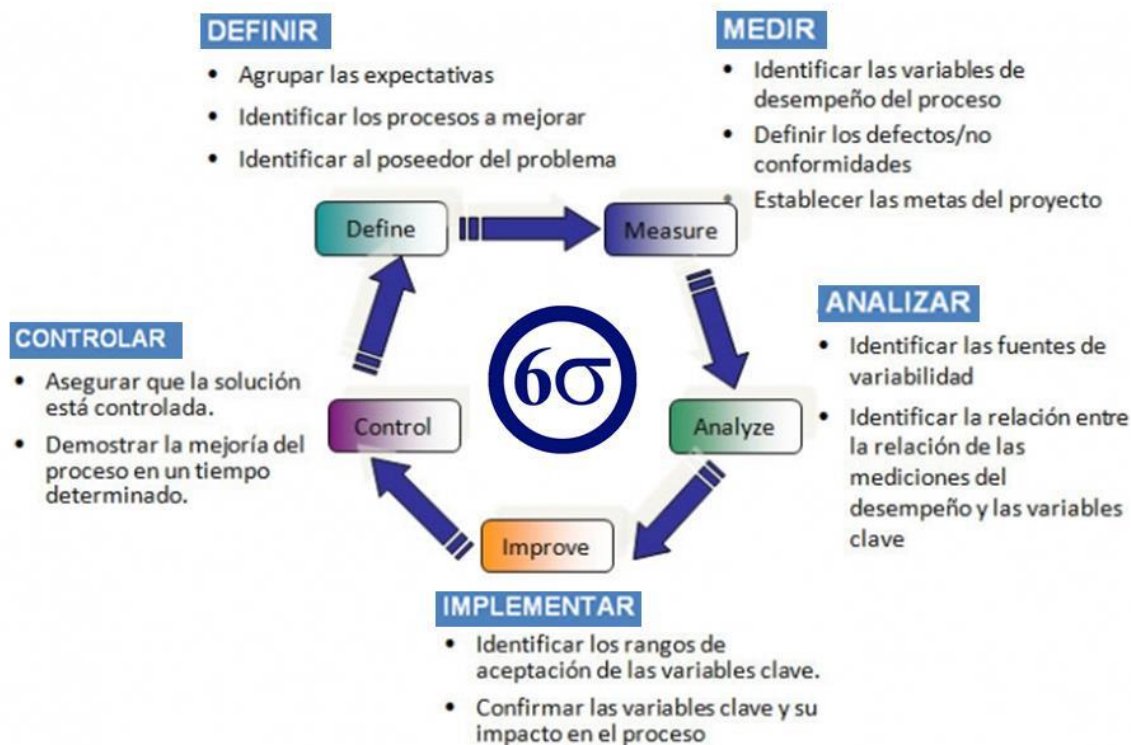
La metodología de Seis Sigma se basa en métodos estadísticos que emplean análisis matemáticos (métrica). Con esta se pretende optimizar las salidas de un proceso enfocándose de las entradas del mismo. La meta es lograr que los procesos tengan una calidad de Seis Sigma”. Montero J. (2015, p.38)

2.2.2 DMAIC

2.2.2.1 ¿Qué es el proceso DMAIC?

Esta es la herramienta principal de Seis Sigma, se utiliza para definir y conocer qué tan bien está la ejecución ya existente, para crear una mejora.

Figura 8 Proceso DMAIC



Fuente: Qualiment Web Site. Estrategias de Seis Sigma

El ciclo de la figura anterior permite apreciar el DMAIC, este se halla constituido por cinco pasos o etapas; a continuación, se describen con mayor detalle:

1. Definir: (Torres y Tomati, 2006) se define como “el propósito del proyecto, su alcance, antecedentes económicos y del proceso” Establecer de forma

cualitativa cuáles son las necesidades que tienen los clientes y lo que llamamos defectos para establecer una mejora.

2. Medir: (Torres y Tomati, 2006) En esta etapa se “realiza un estudio de carácter exploratorio de la variable que se intenta mejorar (Y) a la vez de validar todas las fuentes de información con herramientas estadísticas (análisis del sistema de medición)”. Establecer la capacidad actual de nuestros sistemas, para identificar qué etapas son críticas y afectan el proceso. Cuantificar los defectos (producto fuera de tolerancia) y sus características.
3. Analizar: (Omayra, F., Hernández, J., Méndez, A., Iozada, J. 2009, p.4) Esta fase indica que es de contenido técnico, el cual va a permitir la verificación de teorías o hipótesis sobre el funcionamiento del proceso y comprender por qué se generan los defectos, estadísticamente empleando la herramienta que nos ayuden a entender la condición actual, antes de mejorarlo.
4. Implementar: Se plantean oportunidades de mejora, al realizar experimentos y evaluar modos de fallo que corrijan los errores existentes y así mejorar el proceso.
5. Controlar: Se asegura que los nuevos procedimientos sean sostenibles. Se comparten las lecciones aprendidas para no incurrir de nuevo en los viejos errores. Se documentan y estandarizan los nuevos controles para ser monitoreados.

2.2.2.2. Herramientas de DMAIC

Algunas de las herramientas usadas en el DMAIC y que nos ayudan a definir sus respectivas etapas son:

- Charter (carta) del proyecto (Project Charter o carta del proyecto).
- Mapa de proceso SIPOC.
- Voz del cliente (VOC).
- Gráficos de barras.
- Histogramas de frecuencias.
- Diagramas de causa-efecto (Ishikawa).
- Diagramas de flujo.
- Análisis modal de fallo y efecto (AMFE).

2.2.3 Carta del proyecto (Project charter)

Quality Council of Indiana (2010) menciona que el Project Chapter es “un elemento crítico al establecer un equipo de trabajo es el desarrollo y aceptación del chapter de proyecto. Chapter es un documento escrito que define la misión del equipo, el alcance de la operación, los objetivos, el tiempo de ejecución y las consecuencias “

Es una parte fundamental del proyecto, ayuda al desarrollo de las actividades y detalla cada uno de los aspectos del proyecto. En este se definen los alcances, objetivos, estrategias, asignamos responsabilidades, asignamos recursos y consideraciones.

Figura 9 Project Charter

Project Charter	
Project Name:	
Business Case:	
Problem/Opportunity:	Scope, Constraints, Assumptions:
Goal:	Team Members:
Target Date	Actual Date
Prepared by:	Mayer Josue Garcia Espinoza
Approved by:	

Fuente: Elaboración Propia

2.2.4 Mapa de proceso SIPOC

Es un diagrama que se emplea para la presentación de flujos de los procesos. La herramienta le indica al equipo considerar las variables como el proveedor, las entradas, salidas y cliente; ayuda a definir la complejidad de la elaboración y sus alcances e identifica todos los elementos relevantes de una posible mejora. Este mapeo permite visualizar el desarrollo de las tareas de manera sencilla identificando las partes implicadas.

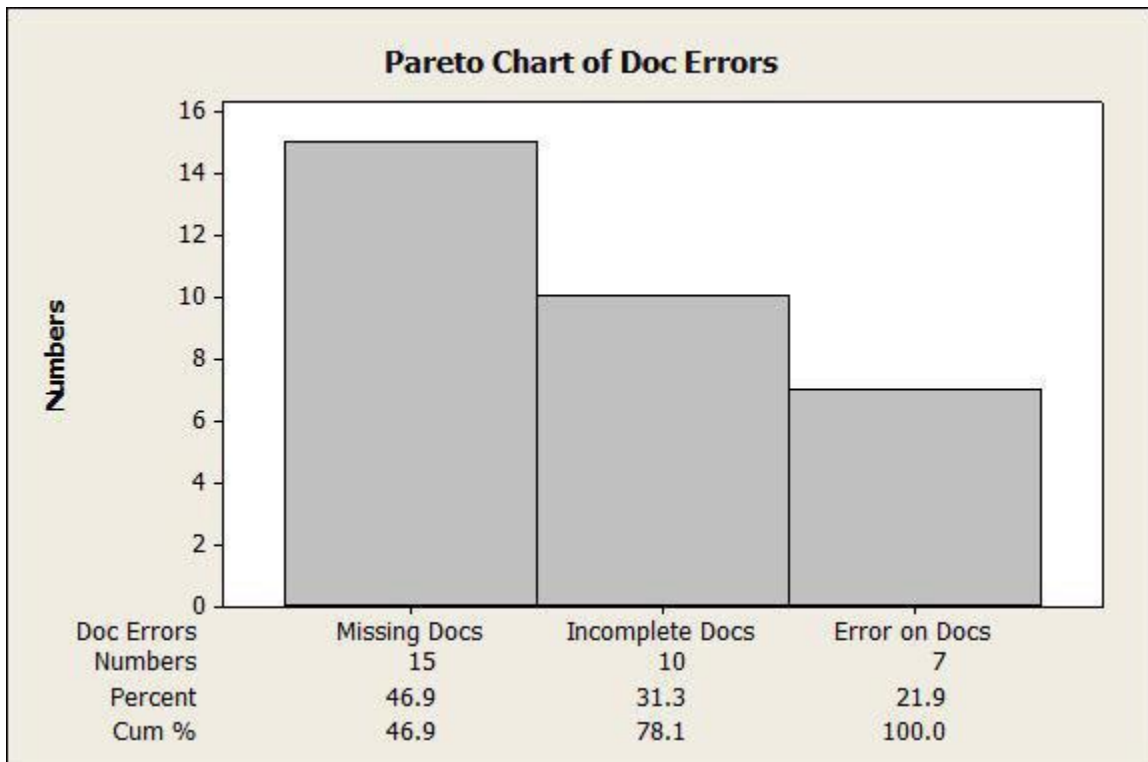
2.2.5 Voz del cliente (VOC).

Esta es una herramienta para obtener información de los clientes externos e internos, y así ofrecer un mejor servicio. Se halla mediante discusiones directas, entrevistas, encuestas, cuestionarios, foros o directamente del mercado; tomando no solo la parte documental, sino que incluso en entrevistas cara a cara y el lenguaje corporal del cliente. La meta es conseguir un nivel del 90% a 95% de captura de las necesidades del cliente.

2.2.6 Gráficos de barras.

Se utilizan para medir las diferentes variables de los sistemas, para establecer en un período de tiempo una serie de datos que indican el antes y el después del proceso. Estos se tabulan en una base de datos para ser graficados.

Gráficas 1 Gráficos de barras



Fuente: Programa Minitab, versión 15

2.2.7 Diagrama de flujo

Es la representación gráfica de un algoritmo o desarrollo. El propósito del mismo es modelar los flujos de trabajo. Estos diagramas contienen información explícita del comportamiento de los procesos.

2.3 MARCO CONCEPTUAL REFERENTE AL IMPACTO DE UN PROYECTO.

Se menciona la teoría relacionada al proyecto para llevar a cabo se realizará por medio del estado del arte un resumen referente al impacto de un trabajo indicando el estado analítico de investigación ya elaborada.

2.3.1 Estado del arte sobre la teoría de sistemas electrónicos de limpieza de virutas metálicas residuales en los dispositivos médicos con microcontrolador plataforma Arduino.

De acuerdo a los autores Paz F., Agustín J., Rivas V., Alejandro L. (2011) y en su desarrollo de un prototipo de sistema de limpieza de superficie para su simulación en la industria de bebidas, indican que el control de los procedimientos de limpieza en las fábricas de producción por lotes ha desarrollado tecnologías de limpieza en sitio que involucran una arquitectura electrónica compuesta por controladores lógicos programables, redes de comunicaciones industriales, interfaces hombre-máquina, motores o bombas, variadores de frecuencia, relés, válvulas, sensores y transmisores para estimular los movimientos de fluidos de agentes de limpieza a través de tanque y tuberías, controlando variables de proceso como la temperatura, concentración de agentes de limpieza, tiempo de exposición y flujo.

Paz F., Agustín J., Rivas V., Alejandro L. (2011) en su proyecto indican que la automatización industrial es el uso de tecnología para facilitar la labor humana o extender las capacidades físicas mentales de los seres humanos. También mencionan los cinco niveles de automatización, entre ellos se encuentra el del lazo cerrado interno, el cual es un sistema más complicado pero eficiente que utiliza la información proveniente de algún sensor simultáneamente con el ciclo para que las discrepancias entre las situaciones ideales y actuales puedan ser compensadas en tiempo real.

2.4 ANTECEDENTES DE PROYECTOS SEMEJANTES

2.4.1 Autores consultados: Coincidencias o discrepancias

Aunque no existen teorías relacionadas con el proyecto como tal, los hay de sus diferentes partes, como por ejemplo de sistemas o prototipos utilizando sensores ultrasónicos, y otros desarrollados con microcontroladores Arduinos, estos no específicamente en los dispositivos médicos y por medio de aire ionizado controlado por sensores ultrasónicos.

CAPÍTULO III. MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Las investigaciones se pueden clasificar según la finalidad, el alcance temporal, profundidad, entre otros. El presente trabajo se clasifica según la investigación aplicada cuya intención es la solución de problemas prácticos y no el aporte de conocimiento teórico (Barrantes, 2002, p.64). La meta se centra en que se desarrollara un sistema electrónico para solventar una herramienta útil para la reducción de partículas metálicas en las puntas de los dispositivos médicos

Esta investigación tiene carácter transversal, pues se realizará en un tiempo específico durante el primer cuatrimestre del 2017. Tal como lo indican Hernández R, Fernández C, Baptista M. (2006, p.151): “Los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar si incidencia e interrelación en un momento dado [...]”

El marco de la investigación por la característica del proyecto se considera Micro, ya que este abarca una etapa del proceso de manufactura en específico, pues este estudia únicamente un paso de trabajo en un área específica dentro de las líneas de trabajo.

Esta investigación tiene un enfoque mixto, en él se combina el enfoque cuantitativo y el cualitativo; en la parte cualitativa se describe la situación y con base en eso se toman decisiones para desarrollar el sistema electrónico. Tal como lo indican Hernández R. “et al” (2006) “Las investigaciones cualitativas se fundamentan más en un proceso inductivo (explorar y describir y luego generar perspectivas teóricas). Van de lo particular a lo general “.

Además, como lo menciona en su artículo Murillo (2006), los datos cualitativos se recogen principalmente por procedimientos más que por instrumentos, como con entrevistas en profundidad, observación participante, trabajo de campo y revisión de documentos personales u oficiales. En el presente proyecto se obtienen datos a partir de observaciones, revisión de documentos y trabajo de campo.

Hernández R. “et al” (2006, p.46) añaden que “el enfoque cuantitativo usa recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento y probar teorías”; para este proyecto el análisis estadístico es importante para la reducción de unidades desechadas por virutas metálicas en los lotes de manufactura, además del aumento en la capacidad de la operación de trabajo mediante el sistema electrónico

Por último, el carácter del proyecto es correlacional porque toma las variables de tiempo y eficiencia del sistema electrónico en el proceso de manufactura. De acuerdo a Hernández R. “et al” (2006, p.46) los estudios de alcance correlacionales “tiene como finalidad la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categorías o variables en un contexto en particular”; también indica que en ocasiones solo se analizan la relación entre dos variables.

3.2 METODOLOGÍA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO.

El método utilizado será descriptivo experimental, dado que se realizarán diseños basados en hipótesis y serán evaluados para medir su eficacia. Como método sistemático permite ser flexible y poder hacer cambios sobre la marcha, al tomar pautas y evaluar los resultados según se implementan los cambios en las diferentes variables.

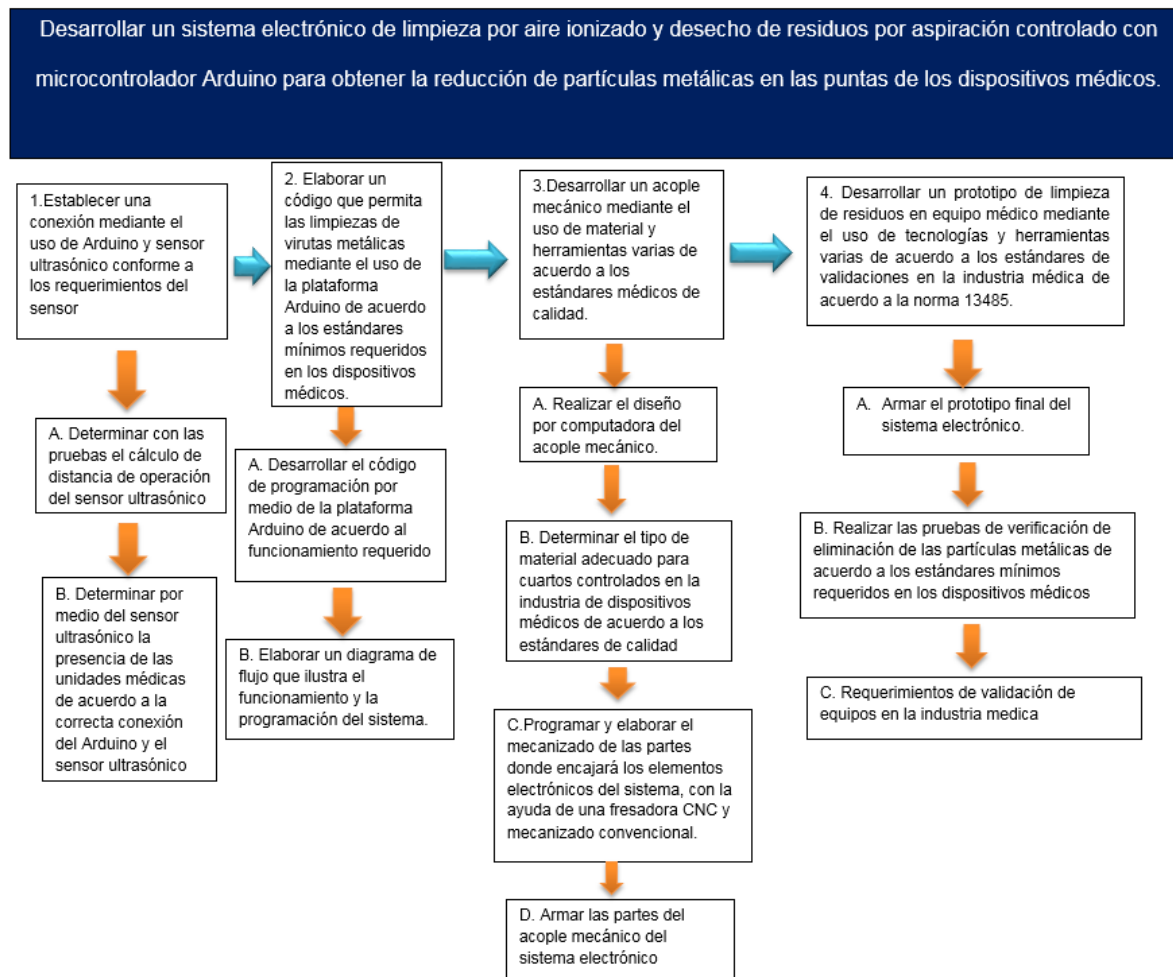
Se mencionan las actividades que serán parte del desarrollo del sistema electrónico de limpieza por aire ionizado y desecho de residuos por aspiración controlado con microcontrolador Arduino, y con ellas obtener la reducción de partículas metálicas en las puntas de los dispositivos médicos, las cuales abarcan los objetivos planteados en la sección 1.3.

Actividades a realizar:

1. Establecer una conexión mediante el uso de Arduino y sensor ultrasónico conforme a los requerimientos del sensor.
 - A. Determinar con las pruebas el cálculo de distancia de operación del sensor ultrasónico
 - B. Determinar por medio del sensor ultrasónico la presencia de las unidades médicas de acuerdo a la correcta conexión del Arduino y el sensor ultrasónico.
2. Elaborar un código que permita las limpiezas de virutas metálicas mediante el uso de la plataforma Arduino de acuerdo a los estándares mínimos requeridos en los dispositivos médicos.

- A. Desarrollar el código de programación por medio de la plataforma Arduino de acuerdo al funcionamiento requerido
 - B. Elaborar un diagrama de flujo que ilustra el funcionamiento y la programación del sistema.
3. Desarrollar un acople mecánico mediante el uso de material y herramientas varias de acuerdo a los estándares médicos de calidad.
- A. Realizar el diseño por computadora del acople mecánico.
 - B. Determinar el tipo de material adecuado para cuartos controlados en la industria de dispositivos médicos de acuerdo a los estándares de calidad.
 - C. Programar y elaborar el mecanizado de las partes donde encajará los elementos electrónicos del sistema, con la ayuda de una fresadora CNC y mecanizado convencional.
 - D. Armar las partes del acople mecánico del sistema electrónico
4. Desarrollar un prototipo de limpieza de residuos en equipo médico mediante el uso de tecnologías y herramientas varias de acuerdo a los estándares de validaciones en la industria médica de acuerdo a la norma 13485.
- A. Armar el prototipo final del sistema electrónico
 - B. Realizar las pruebas de verificación de eliminación de las partículas metálicas de acuerdo a los estándares mínimos requeridos en los dispositivos médicos
 - C. Requerimientos de validación de equipos en la industria medica

Figura 10 Plan de implementación



Fuente: Elaboración propia

La metodología de implementación de la propuesta planteada en el desarrollo del proyecto será mediante cinco etapas y elementos para cada fase del proceso (definir, medir, analizar, mejorar o implementar, controlar y mantener) DMAIC. Para esto se desarrolla una guía para la programación de fechas del trabajo de acuerdo a la Tabla 1, la misma está sujeta a cambios de tiempos, los cuales serán ajustables de acuerdo a las necesidades del proyecto.

Tabla 1 Guía para la planificación de fechas del proyecto

Fase	Estimado real de las fechas de finalización (Proyecto/fecha de la fase de chequeo).	Comentarios / observaciones
Fecha inicio del proyecto		Fecha de la primera reunión del equipo de proyecto.
Definir		Objetivo: 1 semana máx.
Medir		Objetivo: 2 semanas máx.
Analizar		Objetivo: 2 semanas máx.
Mejorar Implementar		Adecuar el tiempo para obtener mejoras.
Controlar Y mantener		Requerida para confirmar satisfactoriamente las mejoras.
Validar		Validación completa y Documentación.
Total		Objetivo: <124 días

Fuente: Elaboración Propia

Como parte del equipo de trabajo (ver la Tabla 2), se realiza una lista de las personas que trabajarán en la solución del problema, estos se seleccionan con base en el aporte real al proyecto y disponibilidad de tiempo, permitiendo así supervisar y aprobar las diferentes etapas del desarrollo del sistema electrónico.

Tabla 2 Equipo de trabajo

Fuente: Elaboración propia

La metodología de implementación de nuevos proyectos en la industria médica se realiza por medio de procedimientos, los cuales definen los requisitos para los protocolos e informes de verificación y validación, estos son documentos y reportes de validaciones.

3.3 METODOLOGÍA PARA LA VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO

Esta sección se refiere a la aplicación de la verificación, sostén, control y seguimiento del proyecto para garantizar la sostenibilidad de la propuesta. En la Tabla 3 se detalla un método para dejar estandarizada la nueva forma de operar el proceso, adicionalmente, cómo se monitorea el mismo para asegurar que su variación futura esté dentro de la que es permitida; el control y seguimiento de este plan de acciones consiste en la lista de chequeo que se utiliza para la verificación de los resultados, ellos serán los responsables de que las acciones propuestas se lleven a cabo en una fecha determinada de ejecución y con el estatus de las acciones de cada mes con el fin de la verificación efectiva de los resultados.

Tabla 3 Plan para el control y seguimiento del proyecto

#NAME?														
Item	Acción	Responsable	Sección de referencia	Mz	Ab	My	Ju	JL	Ago	Sep	Oct	Nov	Dec	Status
1	Establecer una conexión mediante el uso de Arduino y sensor ultrasónico conforme a los requerimientos del sensor	Mayer Garcia	Secciones 5.2.2											On time
2	Determinar con las pruebas el cálculo de distancia de operación del sensor ultrasónico	Mayer Garcia	Seccion 5.3.1/ 5.3.1.1											On time
3	Determinar por medio del sensor ultrasónico la presencia de las unidades médicas de acuerdo a la correcta conexión del Arduino y el sensor ultrasónico.	Mayer Garcia	Seccion 5.3.1.1 tabla 9											On time
4	Elaborar un código que permita las limpiezas de virutas metálicas mediante el uso de la plataforma Arduino de acuerdo a los estándares mínimos requeridos en los dispositivos médicos.	Mayer Garcia	Seccion 5.2.5											On time
5	Elaborar un diagrama de flujo que ilustra el funcionamiento y la programación del sistema.	Mayer Garcia	Secciones 5.2.5 figura 38											On time
6	Realizar el diseño por computadora del acople mecánico.	Departamento tooling Smith	Seccion 5.2.3											On time
7	Realizar el diseño por computadora del sistema automatizado	Departamento tooling Smith	Seccion 5.2.3											On time
8	Determinar el tipo de material adecuado para cuartos controlados en la industria de dispositivos médicos de acuerdo a los estándares de calidad.	Mayer Garcia	Seccion 5.2.4											On time
9	Programar y elaborar el mecanizado de las partes donde encajará los elementos electrónicos del sistema, con la ayuda de una fresadora CNC y mecanizado convencional.	Departamento machine shop Smith	Seccion 5.2.4 , anexo 8											On time
10	Determinar las pruebas de funcionalidad necesarias para probar el correcto funcionamiento del dispositivo	Mayer Garcia	Seccion 5.3											On time
11	Realizar las pruebas de verificación de eliminación de las partículas metálicas de acuerdo a los estándares mínimos requeridos en los dispositivos médicos	Mayer Garcia	Seccion 5.3.2											On time
12	Requerimientos de validación de equipos en la industria medica	Mayer Garcia	Seccion 5.4											On time
<p>Planning: Planned Start ○ Planned Completion ▲ Actual Start ● Actual Completion ▲</p> <p>Checks: On Target ○ Status: On time Behind Target ▲ Done In Trouble X Delated</p>														

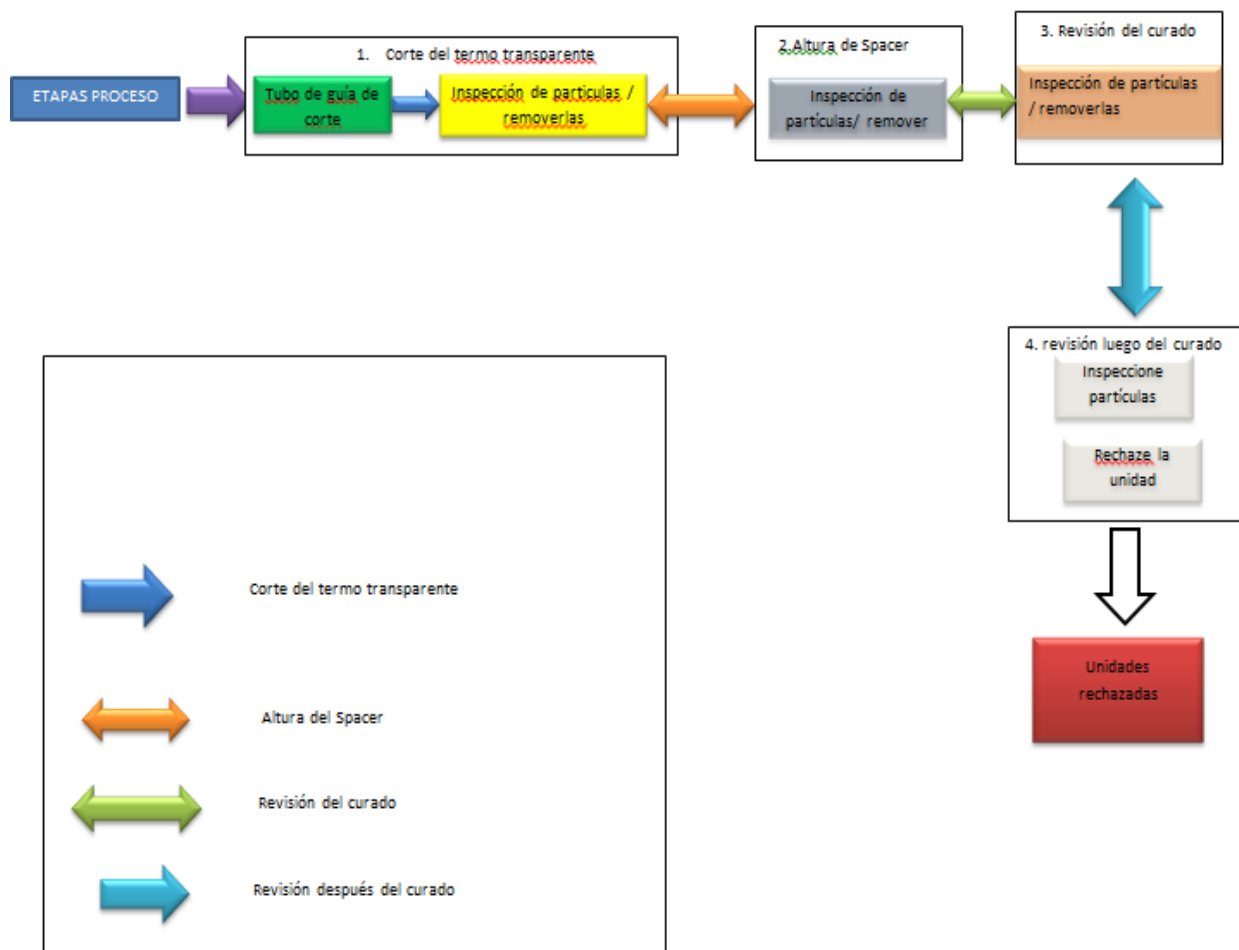
Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO IV DIAGNÓSTICO.

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

La etapa donde inicia el ensamble de las partes de los dispositivos es en la que se da el problema de partículas metálicas. Se detalla en el diagrama de bloques de la Figura 11 que este consiste en cuatro etapas y en ellas se presentan las inspecciones y reprocesos manuales de las partículas que, por consecuente, luego del curado de adhesivo si aún se encuentran presentes causarán el que no se pasen las piezas.

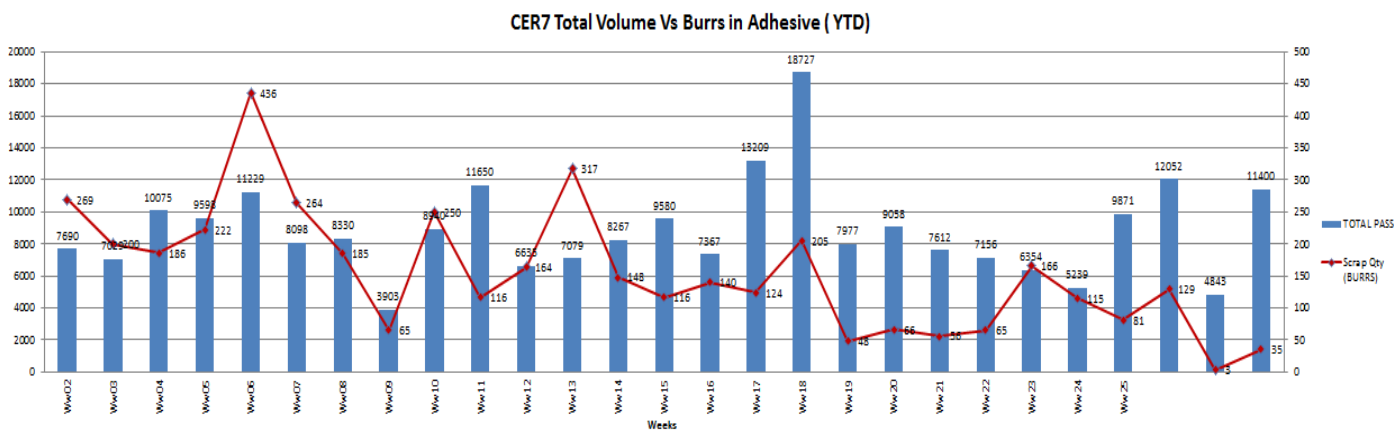
Figura 11 Diagrama del proceso



Fuente: Elaboración propia.

Dentro de análisis estadístico que se presentó en el periodo de la semana 02 a la semana 28 del 2016, un total de 4171 unidades fueron desechadas por el problema de partículas metálicas, lo que se presenta en la Gráfica 2.

Gráfica 2 Unidades aceptadas versus Unidades desechadas



Fuente: Análisis suministrado por el Departamento de Producción.

El problema relacionado a partículas metálicas en los dispositivos actualmente creó cambios en los procedimientos como lo son criterios nuevos de inspección, trabajos redundantes en las unidades de manera manual y esto implica un posible daño en los componentes; dentro de esos cambios implementados se incluye un tubo guía de corte y un paso adicional de carga y descarga del subensamble. En la Figura 12 se presenta el tubo de guía de corte.

Figura 12 Tubo de Guía de corte



Fuente: Instrucciones de manufactura

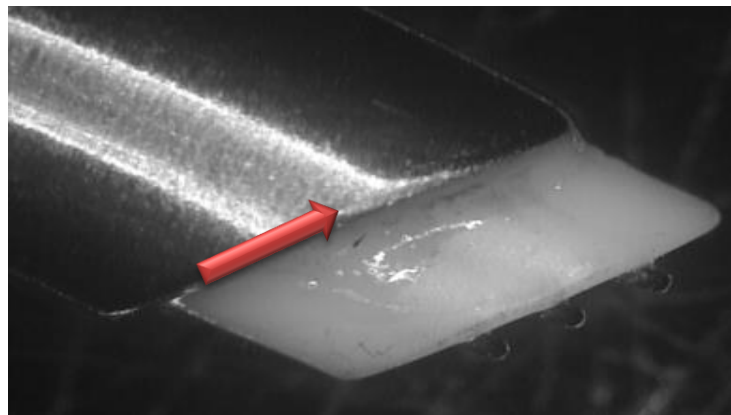
Todas las unidades con partículas metálicas detectadas en las diferentes inspecciones durante el ensamble son desechadas aumentando considerablemente el número de unidades eliminadas de cada orden de trabajo; en las figuras 13 y 14 se puede visualizar este tipo de partícula metálica.

Figura 13 Partículas metálicas en el parte principal del Dispositivo



Fuente: Imagen tomada de la línea de proceso

Figura 14 Partículas metálicas



Fuente: Imagen tomada de la línea de proceso

4.1.1 Instrumento para un diagnóstico

Se tomó información mediante una serie de antecedentes recolectados de los departamentos involucrados en el área de manufactura, ingeniería, calidad y producción. Este instrumento consiste en recoger, analizar datos y hechos, para evaluar la naturaleza de la situación.

4.1.1.2 Definición del VOC (Voz del cliente)

Se realizó un cuestionario al personal de soporte en las áreas de manufactura, esto con el fin de valorar sus puntos de vista ante una eventual herramienta de control electrónica útil para la reducción de partículas metálicas en las unidades de los dispositivos médicos. Una vez que se canalizaron las opiniones de cada persona se obtuvo información suficiente para continuar con el trabajo. Para consultar la información ver Anexo 1.

Se detallan los resultados tabulados del VOC (Voz del cliente) realizado:

Tabla 5 VOC (voz del cliente)

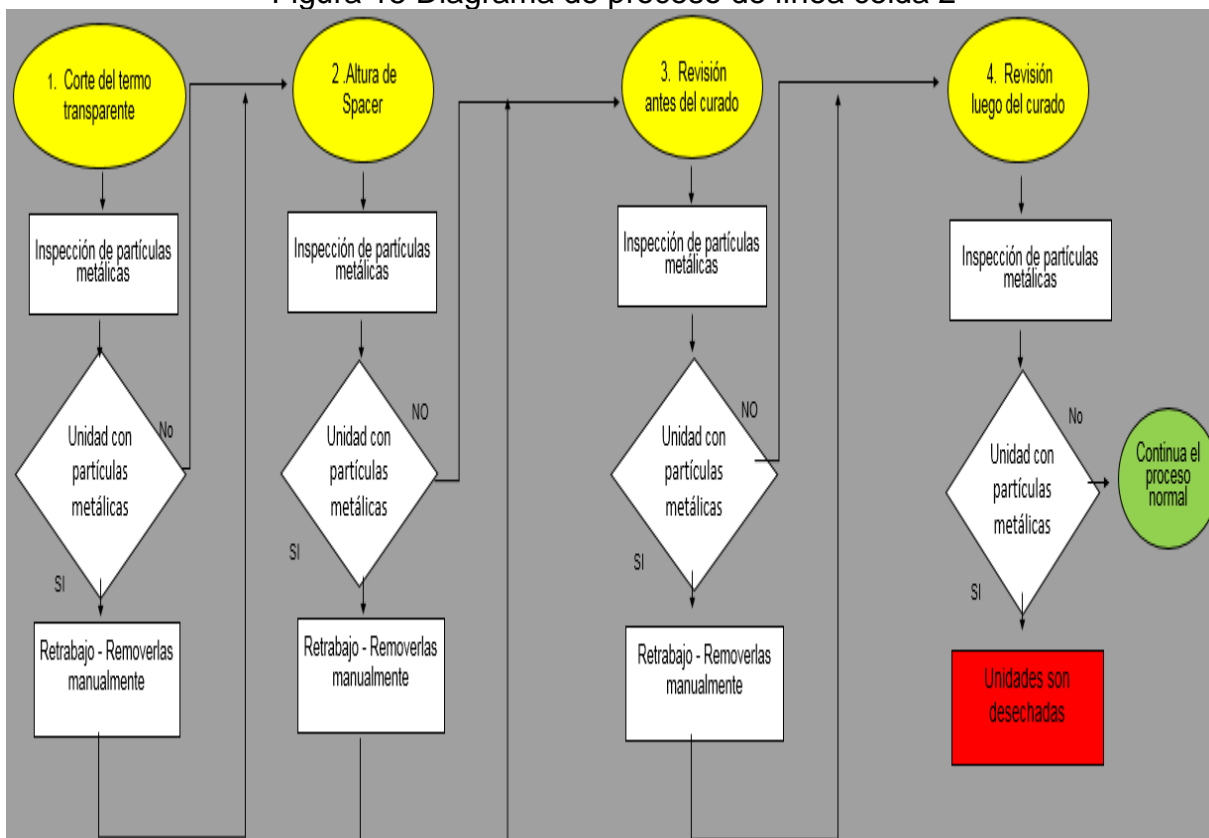
VOC (Voz del cliente)		Porcentaje	Cantidades
Impacto de proyecto ?		15.63%	5
1. Aumento de capacidad de la línea 2. Disminución de unidades desechadas . 3 Ayuda a agilizar el proceso en celda 3 4. Beneficio gratificante y satisfactorio para otras celdas.		15.63%	5
Disminucion de unidades desechadas ?		9.38%	3
1. Aire ionizado es una variable importante 2. Capacidad y efectividad del dispositivo. 3 Aumento de las métricas		9.38%	3
Eliminación Controles adicionales ?		18.75%	6
1. Mejora el nivel de tiempos en la etapa de proceso 2. Aumento de la producción. 3 Disminución de retrabajos		18.75%	6
Ayudaría en la parte ergonómica de cada operario?		25.00%	8
1. Evitando tareas repetitivas y tediosas. 2. Depende del tamaño y de la manera en que funcione la maquina. 3 Menos movimientos en las muñecas.		25.00%	8
Preocupaciones con respecto al proyecto ?		31.25%	10
1. Comodidad en la mesa de producción. 2. Efectividad/ remover el 100% de las partículas. 3. Duración de ejecución del sistema 4. Si el dispositivo falla, se reemplazara de forma rápida.		31.25%	10
Grand Total		100.00%	32

Fuente: Elaboración propia

4.1.1.3 Definición del Diagrama de flujo.

Actualmente la etapa del proceso donde se efectuará el sistema electrónico para remover partículas metálicas por medio de aire ionizado se encuentra en la celda 2 de la línea de producción, este ensamble es ejecutado por un total de 5 personas. El desarrollo de la pieza se divide en cuatro etapas, en las primeras tres las unidades son inspeccionadas en busca de partículas metálicas y por consecuente removerlas de manera manual de acuerdo a las instrucciones de manufactura. En la son desechadas después de un proceso de curado si aún hay presencia de partículas metálicas.

Figura 15 Diagrama de proceso de línea celda 2

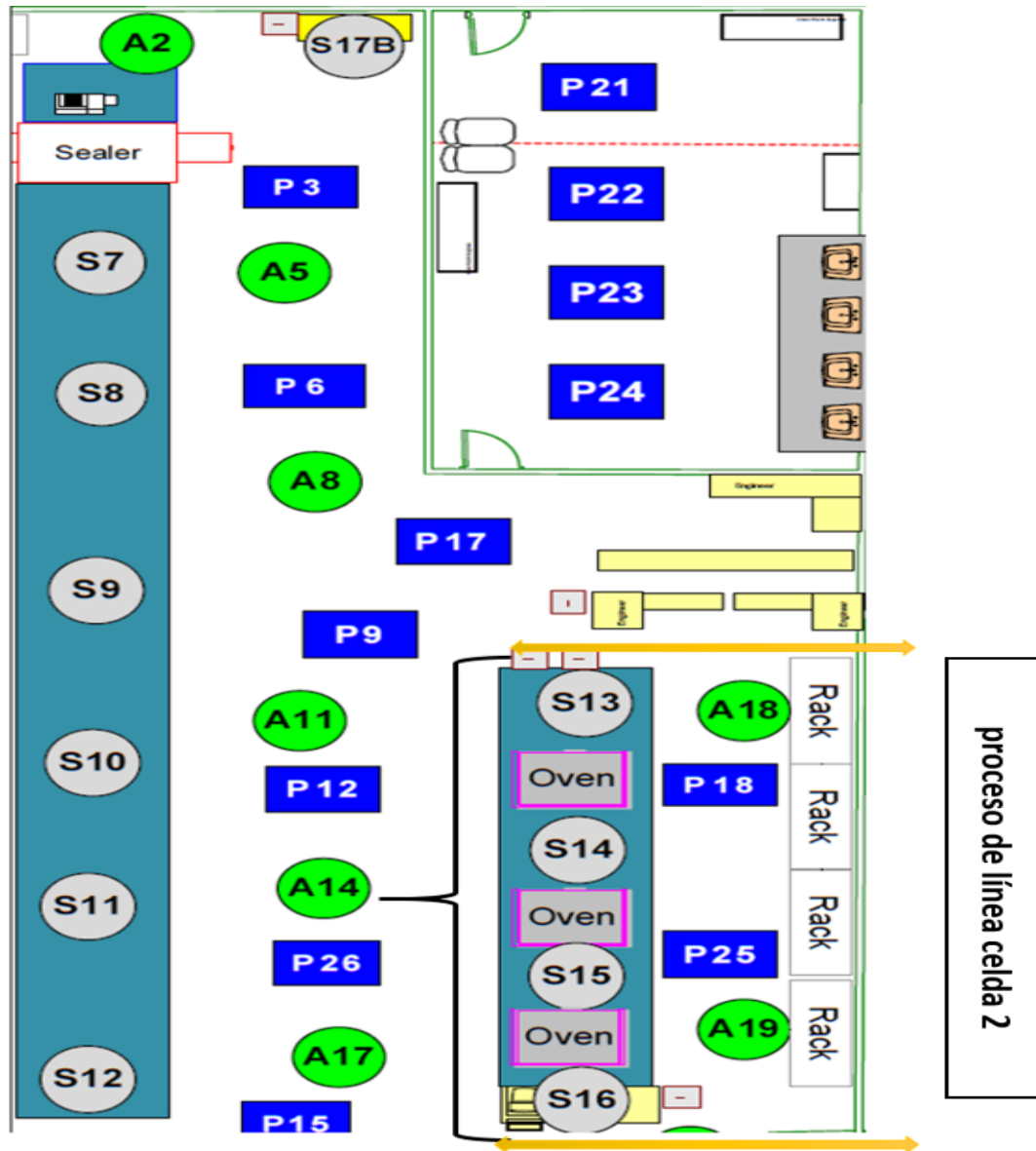


Fuente: Diagrama de flujo de línea celda 2, Smith Nephew Costa Rica.

4.1.1.4 Definición del Diagrama de bloques.

La línea de producción donde se llevará a cabo el proyecto tiene la siguiente configuración.

Figura 16 Diagrama de bloques de una línea de producción Smith and Nephew Costa Rica



Fuente: Línea de producción Smith Nephew Costa Rica.

4.2 RECOLECCIÓN DE DATOS, CARACTERÍSTICAS, PROTOTIPO.

Los datos fueron obtenidos por medio de entrevistas de acuerdo a la sección 4.1.1.2 Definición del VOC (voz del cliente).

Se describe el comportamiento del proceso, situaciones en las etapas donde se implementará el sistema electrónico, así como también el espacio, el entorno en específico por medio de la observación de acuerdo a la sección 4.1.1.3 Definición del Diagrama de flujo y la sección 4.1.1.4 Definición del Diagrama de bloques.

4.2.2 Procesamiento de la información

Se realizó un análisis de la información que se constituye en un diagnóstico detallado de la situación actual del problema de acuerdo a la sección 4.1, adicional se explican las fases orientadoras del problema con el respaldo de los datos e información procesada en el diagnóstico.

4.2.2.1 Fase de medición del VOC.

Los datos recolectados de acuerdo a la sección 4.1.1.2 Definición del VOC (voz del cliente) generan gran utilidad ya que se determinan los aspectos positivos y factores en riesgo del proyecto y determinan las variables que se podrían ver afectas las cuales se deben de tomar en cuenta para el desarrollo de este proyecto.

Los datos obtenidos indican los siguientes factores:

Factores positivos:

- Beneficio gratificante y satisfactorio para otras celdas.
- Ayuda a agilizar el proceso en celda 2.

- Aumento de las métricas.
- Mejora el nivel de tiempos en la etapa de proceso.
- Disminución de reprocesos.
- Menos movimientos en las muñecas.
- Aire ionizado es una variable importante.
- Disminución de unidades desechadas.
- Factores en riesgo:
- Comodidad en la mesa de producción.
- Efectividad al remover el 100% de las partículas.
- Si el dispositivo falla, se reemplazará de forma rápida.
- Contaminación sónica.

4.2.2.2 Fase de medición del diagrama de flujo.

En el diagrama de flujo de la Figura 15 en la sección 4.1.1.3 está dividido en cuatro etapas, en ellas se puede apreciar que en tres hay reprocesos al eliminar manualmente las partículas metálicas o cualquier material foráneo, por lo que es requerido hacer una evaluación para eliminar estos excesos de trabajo. Por lo tanto, si se implementa un sistema electrónico de limpieza por aire ionizado y desecho de residuos por aspiración controlado con microcontrolador Arduino, para así obtener la reducción de partículas metálicas en las puntas de los dispositivos médicos se estarían reduciendo pasos en las instrucciones de manufactura de del diagrama flujo mostrada en la Figura 15 y optimizaría la capacidad de la línea y tiempo de ejecución de las operaciones.

4.2.2.3 Fase de medición del diagrama de bloque.

En el diagrama de bloque de la Figura 16 en el proceso de celda 2, se incluyó un tubo guía de corte como un paso adicional de carga y descarga del subensamble, como se aprecia en la Figura 12. Si se implementa un sistema electrónico de limpieza por aire ionizado y desecho de residuos por aspiración controlado con microcontrolador Arduino, para obtener la reducción de partículas metálicas en las puntas de los dispositivos médicos, se estaría eliminando este paso adicional en el proceso, mejorando los tiempos de ejecución y aumento en la productividad por hora.

4.2.3 Características y prototipo

Se realiza una lista de chequeo de las características que se deben de considerar para el desarrollo del prototipo, el cual se basa en la tecnología, así como también la retroalimentación adquirida por parte de las entrevistas información recolectada de acuerdo a la sección 4.1.1.2. Esto será base para el desarrollo del Capítulo 5 (diseño y desarrollo del proyecto).

Tabla 6 Lista de chequeo de las características del prototipo

Lista de Chequeo de las características para el desarrollo del prototipo		
Criterio	Descripción	Cumplimiento
1	Tamaño del diseño adecuado para la etapa de proceso , plano del diseño dimensiones.	
2	Utilización de Microcontrolador Arduino uno.	
3	Utilización de Sensor Ultrasónico.	
4	Utilización de pistola de aire ionizado.	
5	Utilización de Vacuum (sistema de aspiración.)	
6	Material de Acero inoxidable / acrílico.	
7	Programar y elaborar el mecanizado de las partes donde encajarán los elementos electrónicos del sistema.	
8	Realizar la programación electrónica de la lógica de funcionamiento del sistema.	
9	Determinar los voltajes de funcionamiento de la pistola de aire ionizado y Vacuum (sistema de aspiración) para la utilización de estados sólidos.	
10	Conexión de todos los elementos electrónicos.	
11	Determinar las pruebas de funcionalidad necesarias para probar el correcto funcionamiento del dispositivo.	

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V. DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO

5.1 DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

La propuesta se basa en la creación de un sistema electrónico de limpieza por aire ionizado y desecho de residuos por aspiración, cuyo objetivo principal es la eliminación de material foráneo en las puntas de los dispositivos médicos, así como también eliminar procesos de ejecución manual, mencionado en la justificación del problema sección 1.1.3.

El sistema contará con un diseño mecánico, un diseño eléctrico y electrónico, para lograr el objetivo de poder eliminar partículas metálicas y/o cualquier otro material foráneo presente en las puntas de los dispositivos médicos.

La tecnología a utilizar implica la valoración de costos y considerar la complejidad del desarrollo del sistema de control. El ambiente de diseño de la propuesta debe ser flexible para su modo de utilización.

5.1.1 Elección de la Propuesta

Unos de los factores importantes para el desarrollo del sistema electrónico es importante que los costos no sean elevados y para esto se realizó una cotización de los elementos electrónicos a utilizar (los ya mencionados en el Capítulo 2), así como también el aprovechamiento de las herramientas de la compañía.

Tabla 7 Cotización del proyecto

Lista de cotización del proyecto		
Ítem	Descripción	Costo
1	Microcontrolador Arduino.	\$22.89
2	Sensor Ultrasónico.	\$29.99
3	Estado sólido.	\$ 7.00
4	Omega Supreme Quiet Vacuum.	\$269,70
5	Pistola de aire Ionizado.	\$900
6	Caja plástica.	\$7.9
7	Máquina CNC.	NA
8	TOTAL	\$ 1237.48

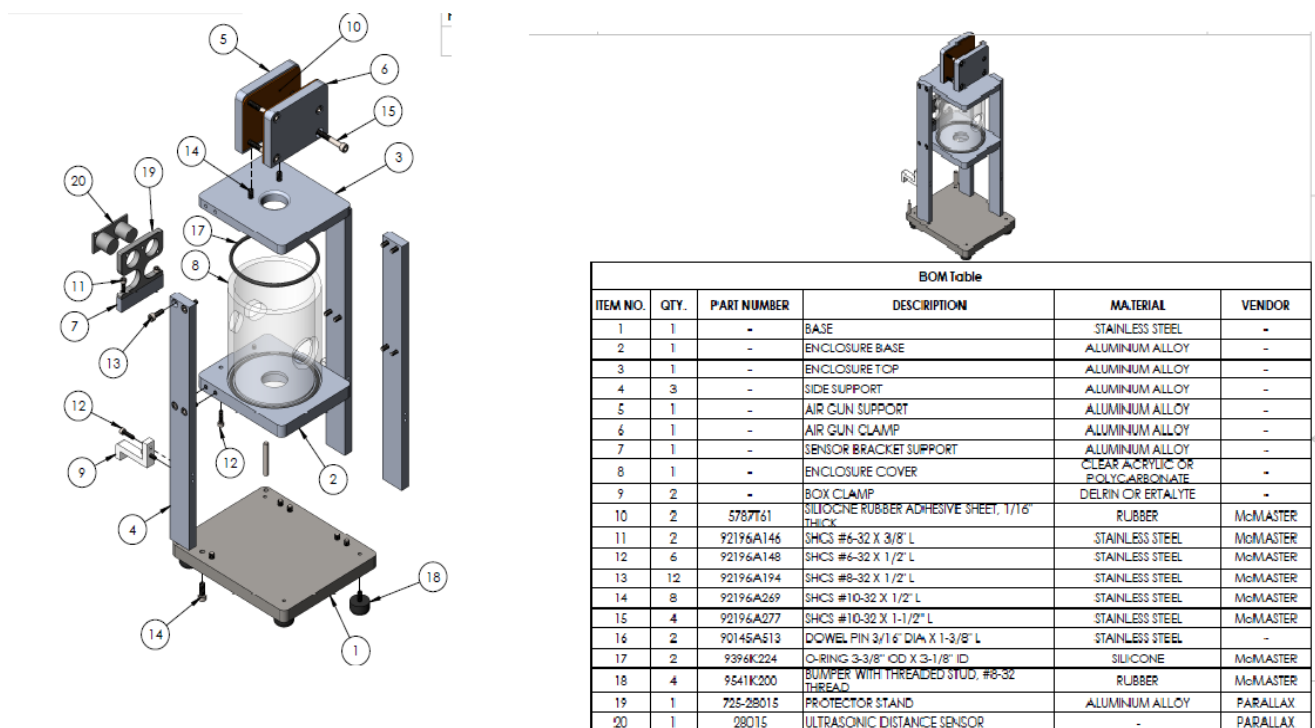
Fuente: Elaboración propia

Se muestra en la Tabla 7 la cotización para el desarrollo del proyecto, en ella se evaluaron aspectos de tecnología, tamaño y precios con el fin de adaptar la tecnología más adecuada para el desarrollo del sistema electrónico; así como también el tiempo en función del armado de las partes y programación de la lógica de funcionamiento acorde a la tecnología a utilizar.

5.1.2 Diseño de la Propuesta

El diseño de la propuesta está orientado a un sistema electrónico para remover partículas en las puntas de los dispositivos médicos en una de las líneas de producción, esto se logra mediante la implementación de un sistema mecánico donde encajarán los elementos electrónicos y eléctricos que harán ejecutar correctamente la operación. El nuevo sistema electrónico contará con dos etapas importantes, estas son remover y extraer las partículas presentes en las puntas de los dispositivos médicos, con ello se eliminarán ciertos puntos en los criterios de reprocesos manuales de las instrucciones de manufactura.

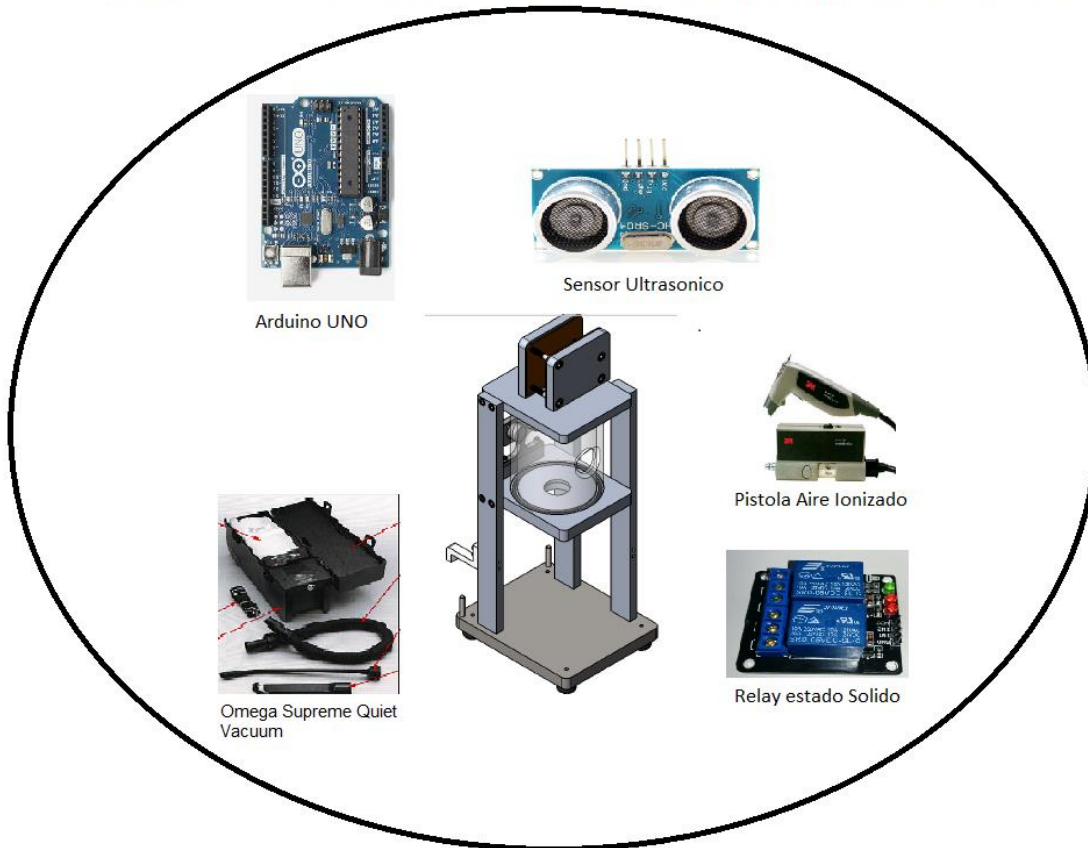
Figura 17 diseño mecánico del proyecto



Fuente: Elaborado por Departamento Tooling & Engineering Smith Nephew

Figura 18 Configuración de la Propuesta

Sistema electrónico de limpieza por aire ionizado y desechos de residuos por aspiración



Fuente: Elaboración Propia

En la figura 18 se observa la elaboración de la propuesta del diseño mecánico, eléctrico y electrónico del sistema electrónico de limpieza por aire ionizado y desecho de residuos por aspiración, para obtener la reducción de partículas metálicas en las puntas de los dispositivos médicos.

5.2 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Para el desarrollo del proyecto se usa la plataforma de programación para el Arduino, esta contiene el programa principal de funcionamiento de la lógica de control del sistema de control. Como parte del diseño mecánico se realiza el mecanizado CNC por medio de la fresadora modelo Hass CNC Mill, utilizando la programación de control numérico mediante del software Surfcam y de acuerdo a las especificaciones dimensionales del diseño gráfico realizado por medio de SolidWorks, para mayor información ver Anexo 2.

Algunas partes del diseño mecánico se realizan por medio de mecanizado convencional con la máquina de corte mecánico modelo ACRA AM2V JF163-V de acuerdo a las especificaciones dimensionales. El material que se utiliza para el mecanizado es acero inoxidable, especial para utilizar en industrias médicas y en ambientes de cuartos controlados, ya que el material es resistente contra la corrosión de acuerdo a lo mencionado en la sección 2.1.12.

Una de las partes fundamentales para el debido funcionamiento del sistema electrónico, y que se encarga de la activación y la lógica de control de los demás elementos electrónicos, es la utilización de un microcontrolador. Para este proyecto se utiliza el Arduino Uno como se menciona en la sección 5.1.1. Se completa con el uso de una pistola de aire ionizado modelo 3M Model 980, esta se encarga de remover las partículas metálicas en las puntas de las unidades médicas, la misma se activa por medio de un sensor cuya señal es emitida por microcontrolador Arduino Uno.

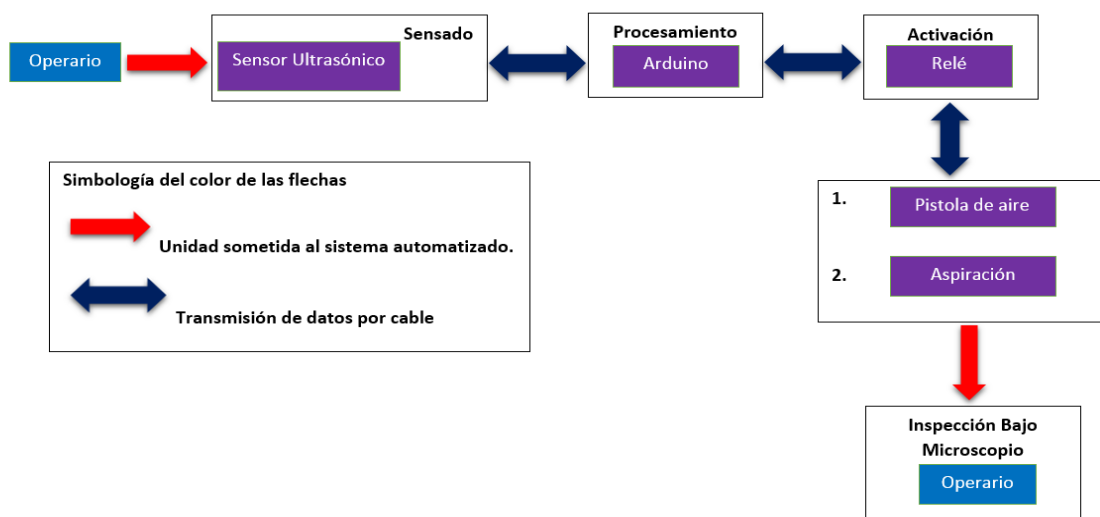
El proceso de aspiración se lleva a cabo por medio de un equipo llamado VACOMEGAS, encargado de sustraer las partículas metálicas y cualquier material foráneo que sea removido de las puntas de las unidades, este aparato posee un filtro Hepa Omega Plus Vacuum, este es el centro de almacenamiento de los residuos removidos de las unidades.

La conmutación de voltajes y corrientes para la activación de la pistola aire ionizado y el equipo de aspirado se maneja por medio de un relé de estado sólido modelo Songle, el mismo es gobernado por el microcontrolador Arduino Uno y la respuesta de acción depende del sensor Ultrasónico. De este último dispositivo mencionado el que se utilizará será el ultrasónico Módulo HC-SR04 que se activa por medio de la presencia de acercamiento de la unidad médica (para determinar la distancia de acercamiento se realizan pruebas para determinar el valor obtenido del sensor).

5.2.1 Diagrama de Bloques.

En la siguiente figura se detallan las etapas del sistema, así como la relación entre cada una de ellas con los módulos a utilizar en cada etapa, además se aprecia el tipo de comunicación presente entre cada módulo y etapa del sistema. Puede observarse la dirección de los flujos de datos a través del sistema.

Figura 19 Diagrama de bloques del sistema



Fuente: Elaboración propia

5.2.2 Conexión del sistema.

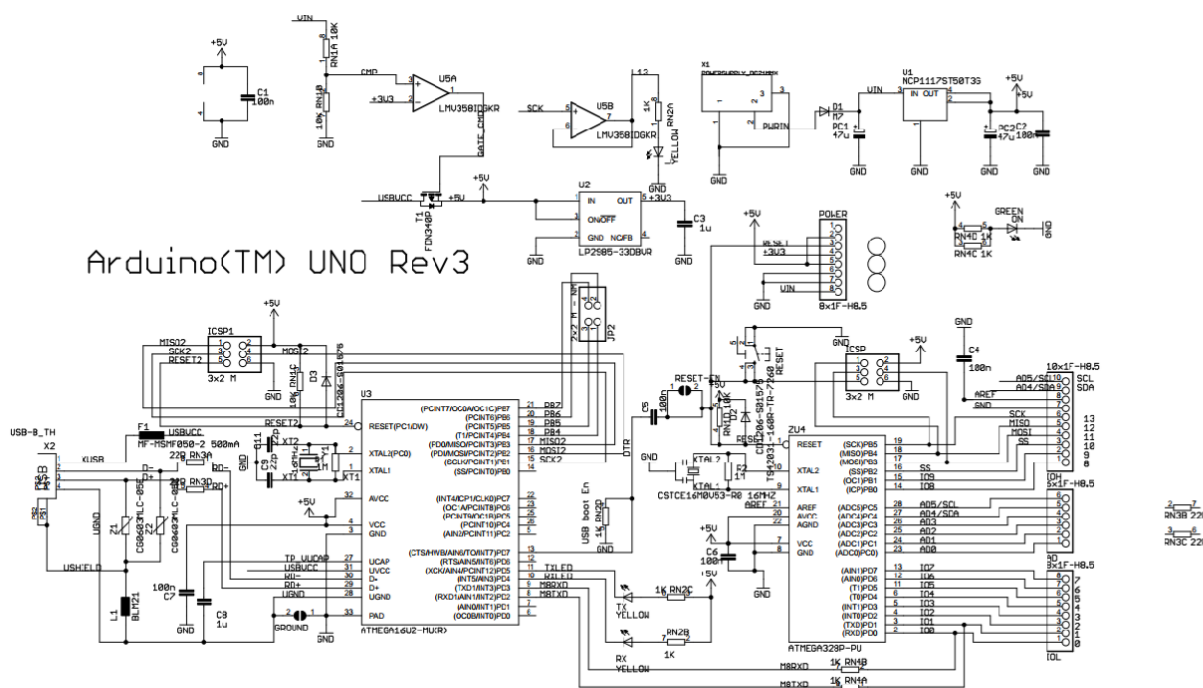
El desarrollo del sistema implica la conexión entre cada una de las etapas, por lo que se realizan conexiones entre los módulos y el Arduino, adicionalmente la parte de potencia que en este caso son los relés de estado sólido, encargados de la activación de los elementos de alta potencia. El sensor ultrasónico, así como los módulos de relé estado sólido están diseñados para funcionar con Arduino Uno, por lo que no se requiere de conexiones extras.

El Arduino Uno está conformado por diferentes circuitos internos que se encargan de la lectura del sensor ultrasónico y la activación del relé de estado sólido, cada uno de estos circuitos se encuentran conectados en la placa del microcontrolador y son necesarios para el funcionamiento correcto; posee catorce

pinos digitales de entrada/salida y seis entradas análogas, sin embargo, no todos de los pines son utilizados para este proyecto.

En la Figura 20 se puede observar los circuitos que se encuentran en el Arduino UNO para la lectura de sensor Ultrasónico y la conexión del relé estado sólido.

Figura 20 Diagrama interno Arduino UNO



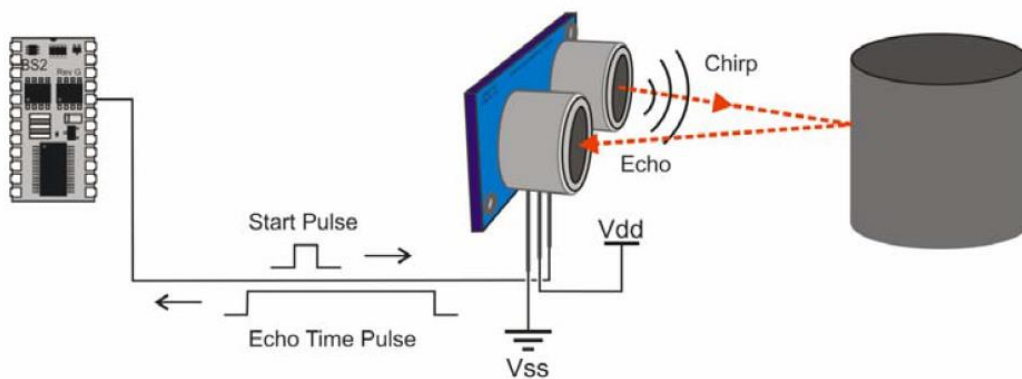
Fuente: Arduino (2017)

Como anteriormente fue explicado, es necesario realizar la conexión del sensor ultrasónico y el relé estado sólido a las patillas del Arduino, por lo que D12, D8 y D7 serán utilizadas para la conexión hacia el relé de estado sólido y el sensor ultrasónico. Como se menciona en la sección 2.1.6 los sensores ultrasónicos se caracterizan por ser medidores de distancia, ellos tienen un receptor que emite un

pulso de ultrasonido, esta rebota sobre un determinado objeto y la reflexión de ese pulso es detectada por un receptor de ultrasonidos. Este sensor debe comunicarse con el microcontrolador, que se encargará de la recepción de ondas de frecuencias.

Figura 21 Diagrama del Sensor Ultrasónico

oo

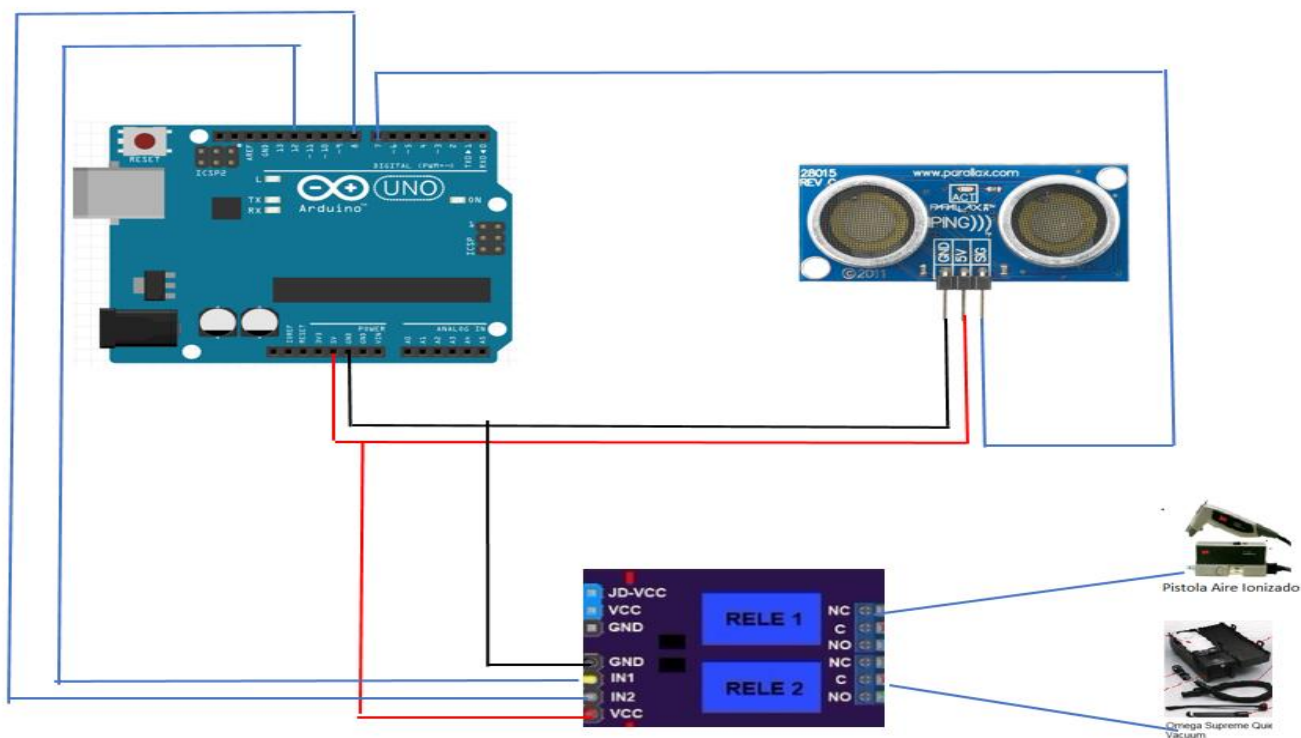


Fuente: Elaborado por Parallax Inc. 2005

Como se aprecia en la Figura 21, las unidades son detectadas por el sensor ultrasónico encargado de divisar las piezas médicas según la distancia de proximidad, como se explica en la sección de pruebas de funcionamiento del sistema. El microcontrolador toma la lectura de la señal proveniente del sensor para la activación de las salidas del relé de estado sólido, que por consiguiente realiza la activación de la pistola de aire ionizado y el equipo de aspiración; de igual manera en

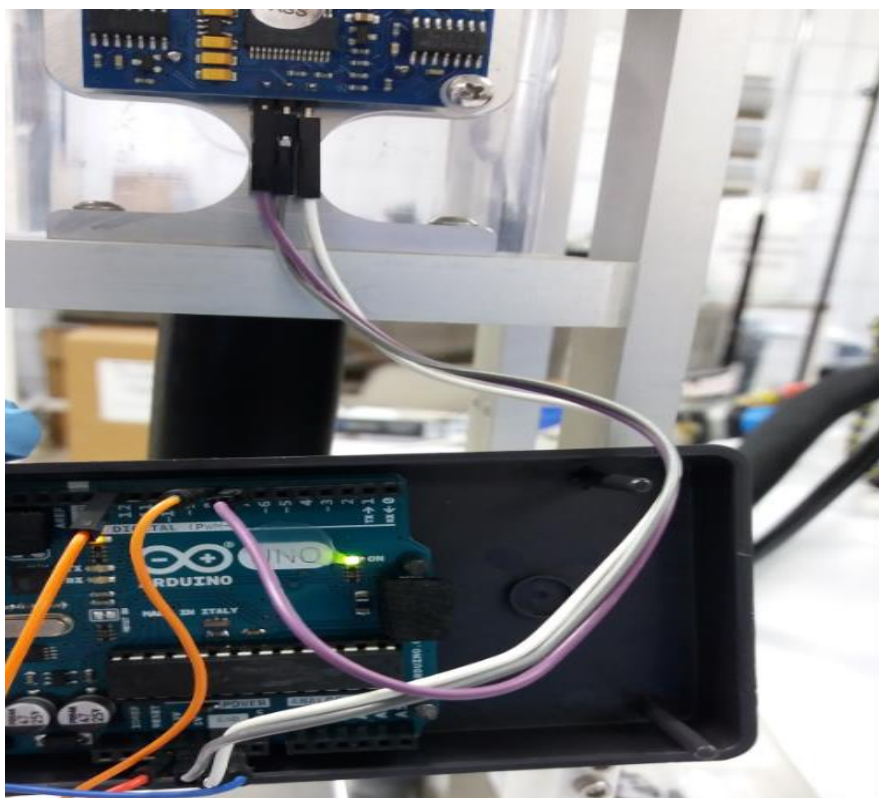
la figura se observa la conexión de las partes electrónicas del sistema electrónico como se mencionó en la propuesta de la Figura 18.

Figura 22 Diagrama de conexión.



Fuente: Elaboración Propia.

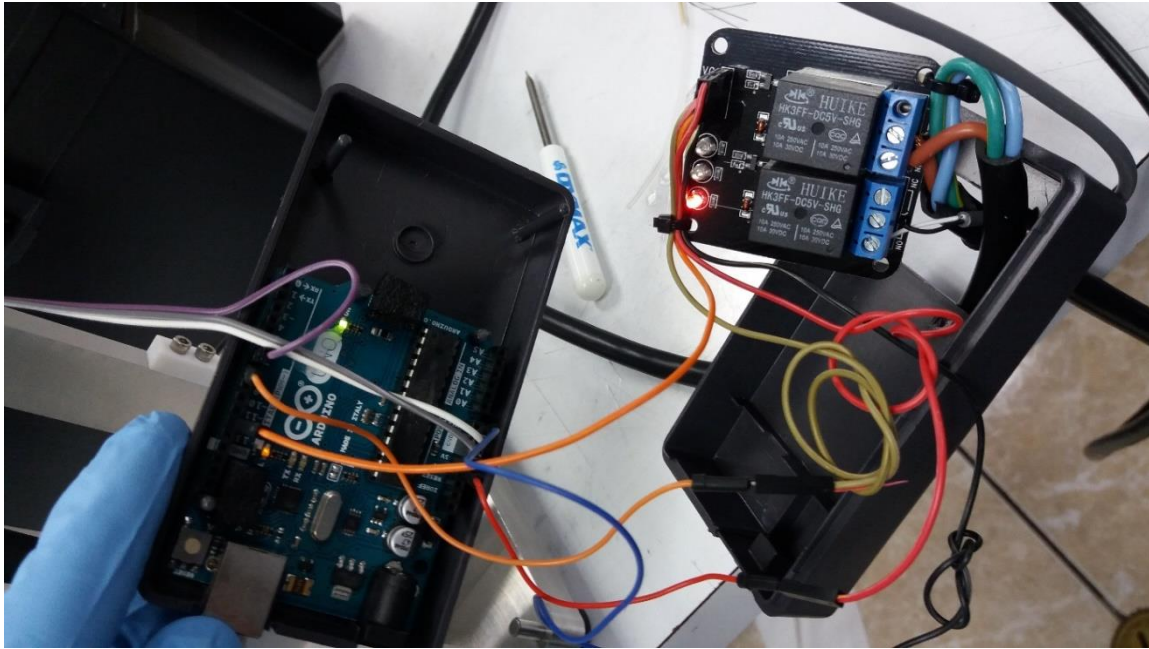
Figura 23 Conexión física Arduino Uno Sensor Ultrasónico.



Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura 23 se muestra la conexión física del sensor ultrasónico con el microcontrolador Arduino Uno como se explica en la Figura 22 del diagrama de conexión.

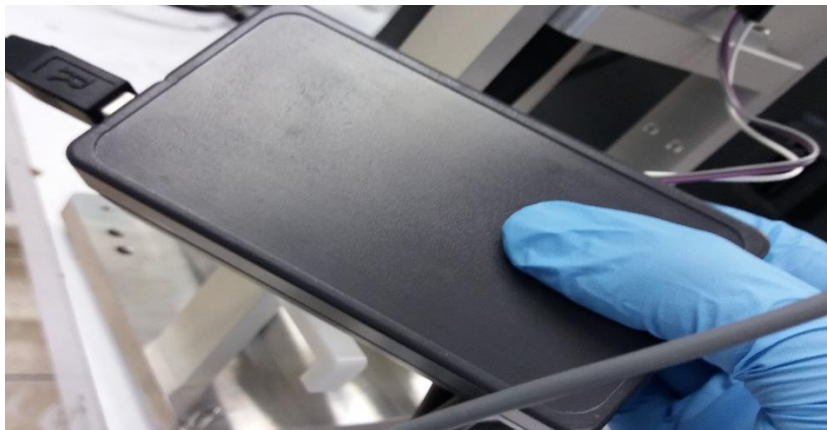
Figura 24 Conexión física relé estado sólido Arduino.



Fuente: Elaboración Propia.

En la Figura 24 se encuentra la conexión realizada entre el Arduino y el relé de estado sólido de dos canales, cuya función es realizar la lógica de activación de la pistola de aire ionizado y el sistema de aspiración.

Figura 25 Caja de control sistema electrónico .



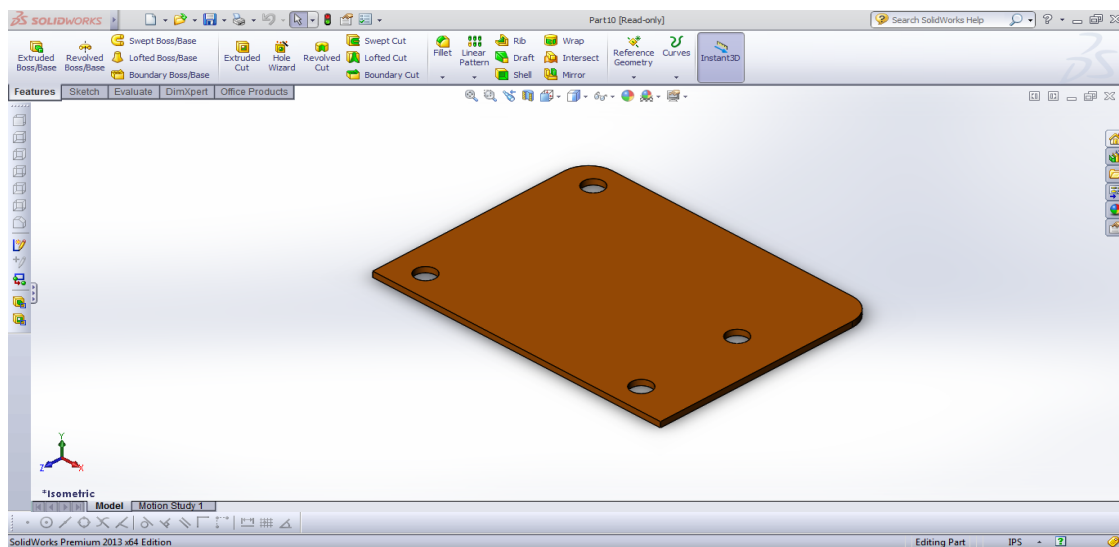
Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 25 se logra apreciar la caja de control en donde están los elementos electrónicos como el Arduino Uno, el relé de estado sólido y las salidas de control como lo son el sensor ultrasónico, la pistola de aire ionizado y sistema de aspiración

5.2.3 Diseño por computadora del sistema mecánico.

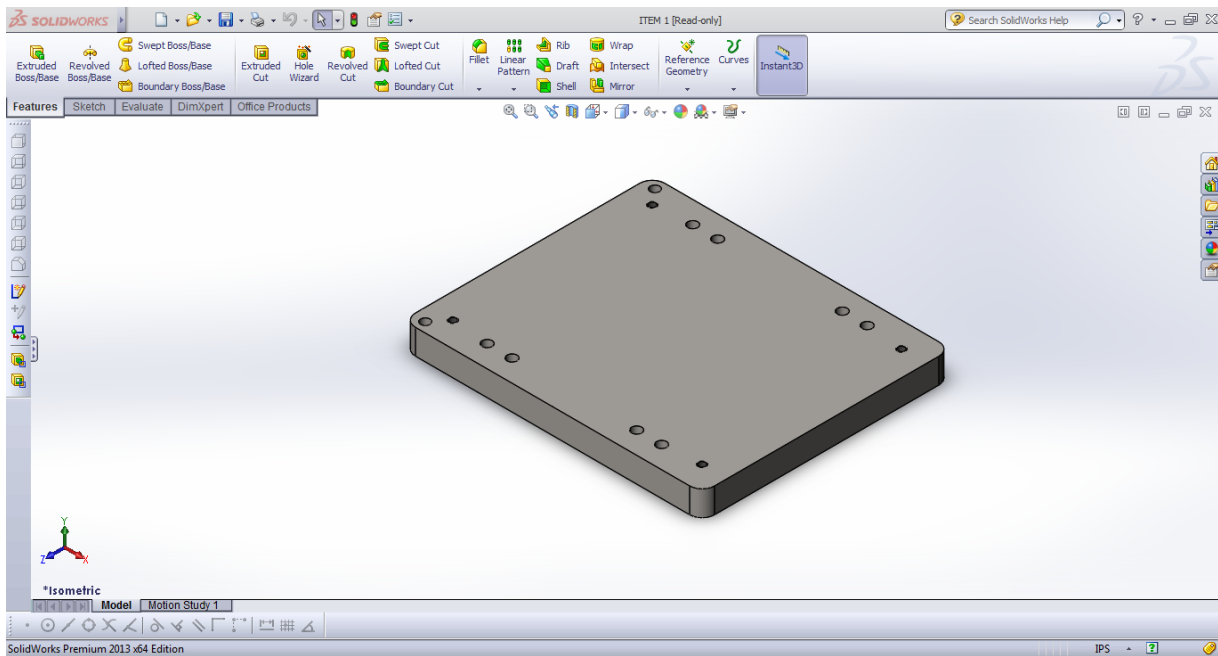
Parte de la elaboración del prototipo final del proyecto es el diseño de un sistema mecánico donde encajen los elementos del sistema de control, para ello el diseño mecanizado se ejecuta por medio del software SolidWorks. A su vez se realiza el diseño eléctrico del sistema electrónico por medio de computadora mediante el mismo software, como se mencionó en el diseño de la propuesta de la Figura 17.

Figura 26 Diseño SolidWorks Almohadilla de base pistola de aire.



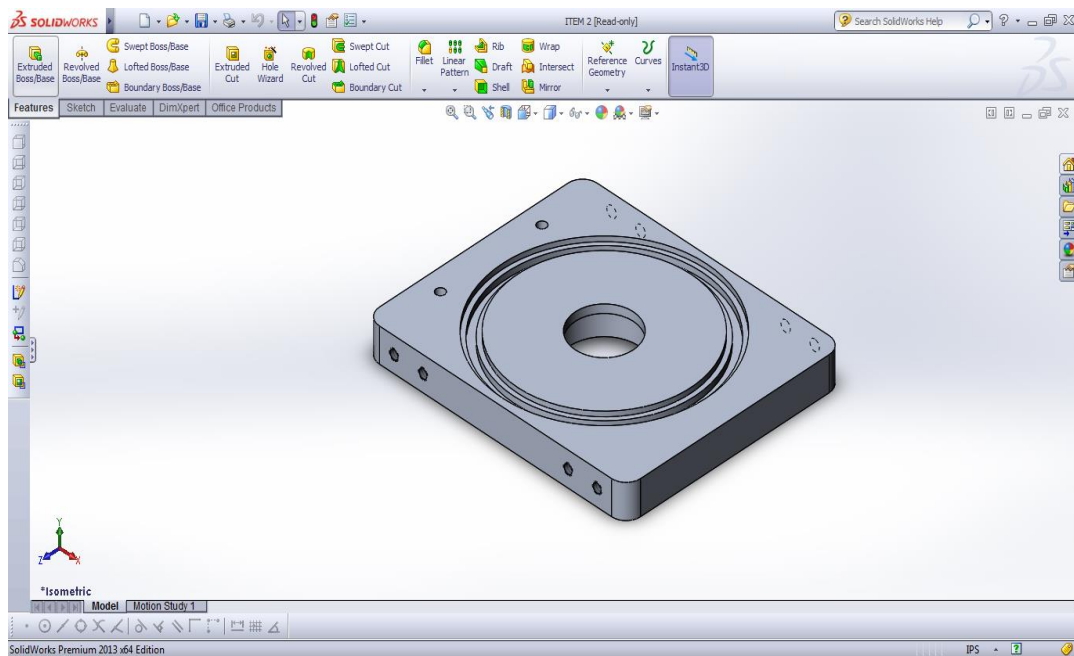
Fuente: Elaboración propia.

Figura 27 Diseño SolidWorks base inferior.



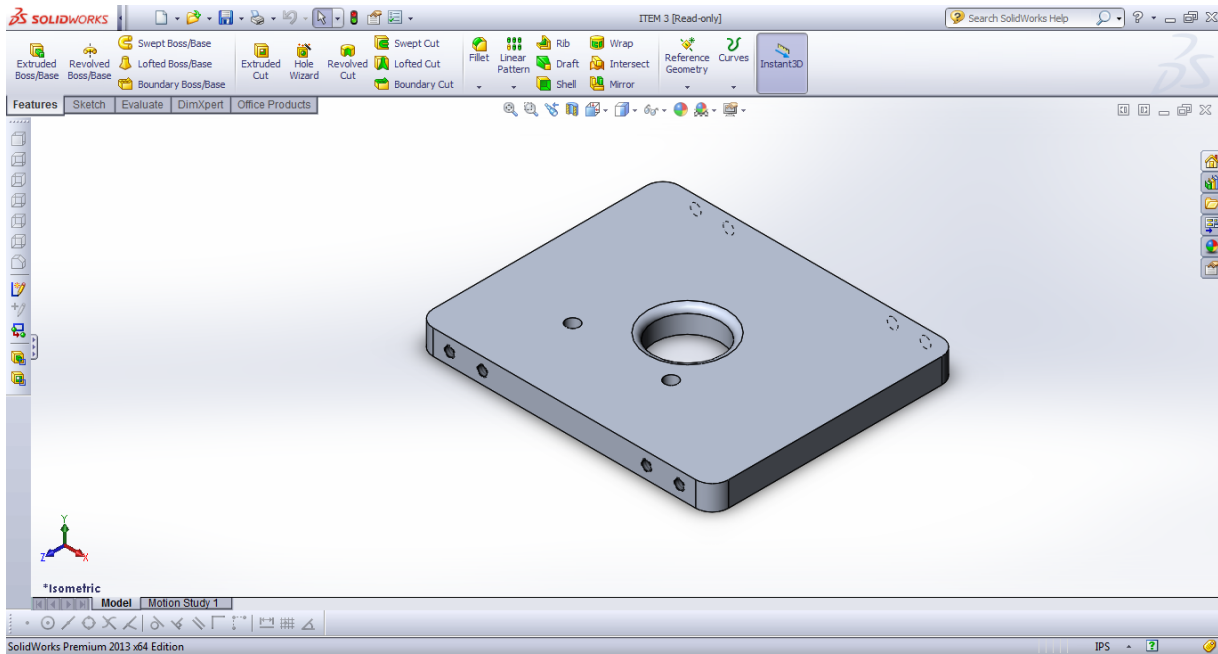
Fuente: Elaboración propia.

Figura 28 Diseño SolidWorks base inferior para capsula cilíndrica.



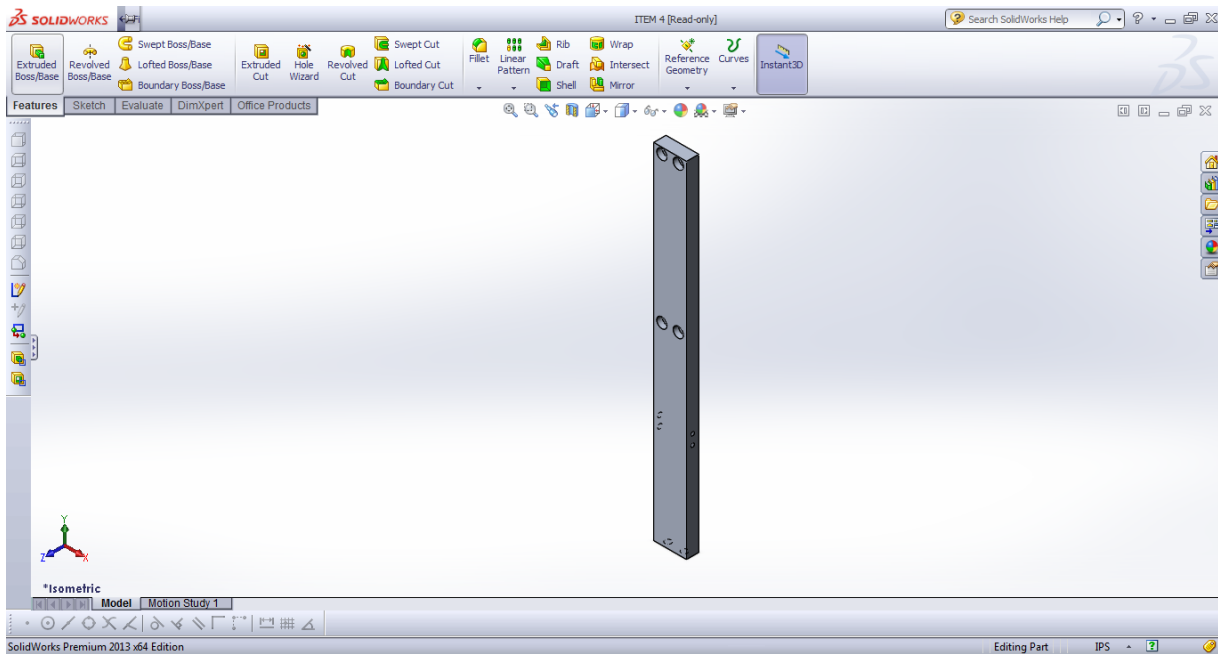
Fuente: Elaboración propia.

Figura 29 Diseño SolidWorks base superior para capsula cilíndrica.



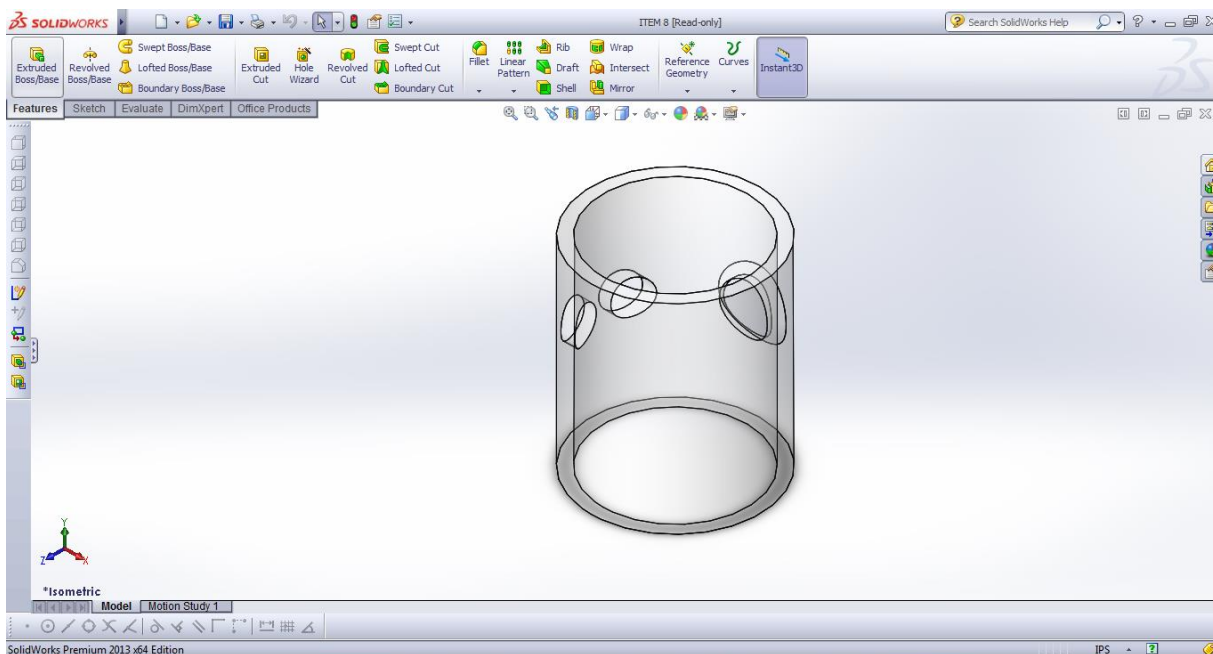
Fuente: Elaboración propia.

Figura 30 Diseño SolidWorks Soporte laterales.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 31 Diseño Solidworks cápsula cilíndrica.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 32 Base para sensor ultrasónico.



Fuente: Elaborado por Parallax.

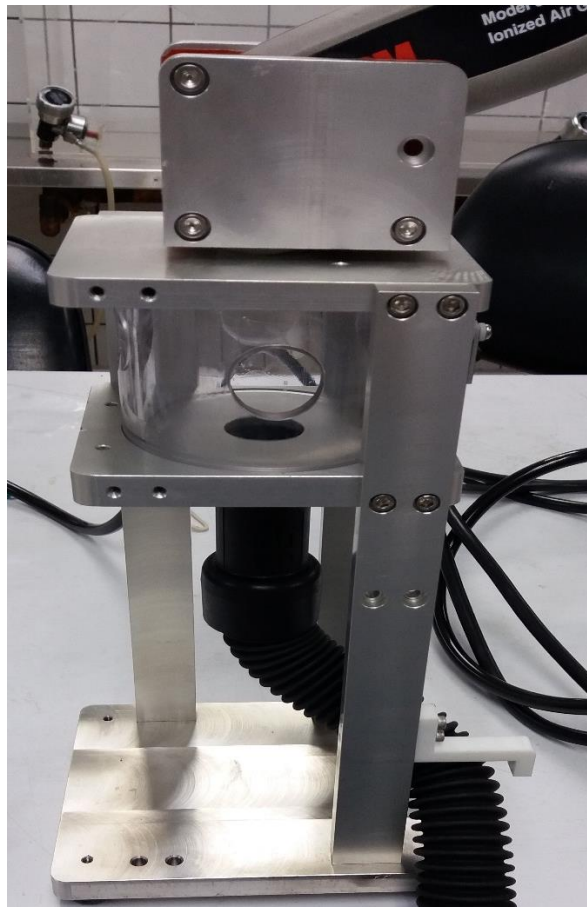
Se muestra en las figuras de la 26 hasta la 32 cómo se conforman las partes esenciales del desarrollo mecánico, el mismo es realizado físicamente por medio de mecanizado convencional y automatizado por medio de una fresadora CNC.

5.2.4 Mecanizado de las partes del sistema mecánico.

Como se mencionó en la sección 2.1.11, el mecanizado CNC rápido es un proceso de fabricación sustractivo especialmente adecuado para la creación de prototipos, las pruebas de forma y ajuste, plantillas de guías y accesorios, y componentes funcionales para productos terminados. Las piezas a confeccionar por medio del mecanizado se mencionan en la sección 5.2.3.

Para evitar corrosiones en el prototipo del diseño mecánico e instar a que permaneciera en un ambiente controlado de fabricación de dispositivos médicos, se utiliza el acero inoxidable como material; la aleación de acero mezclado con un 10% de cromo crea esta composición y confiere al metal resistencia contra la corrosión, ya que el cromo tiene una enorme afinidad por el oxígeno y reacciona con éste.

Figura 33 Diseño mecánico final.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 34 Sistema de aspiración Omega Supreme Quiet Vacuum.



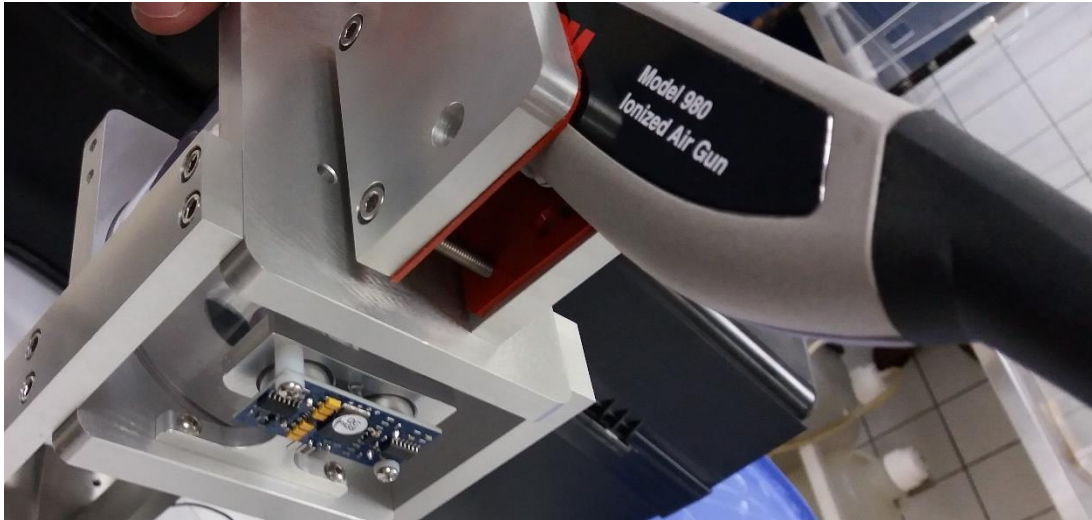
Fuente: Imagen elaborada por el autor.

Figura 35 Acople del Omega Supreme Quiet Vacuum al prototipo final.



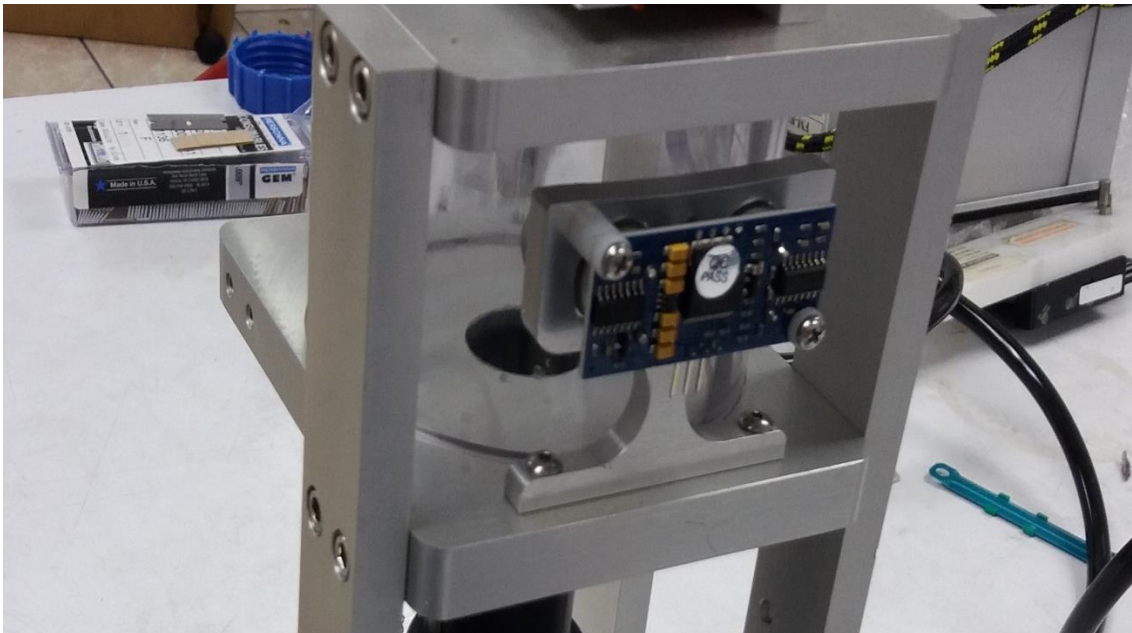
Fuente: Imagen elaborada por el autor.

Figura 36 Montaje de la pistola de aire ionizado al prototipo final.



Fuente: Imagen elaborada por el autor.

Figura 37 Montaje del sensor ultrasónico al prototipo final.



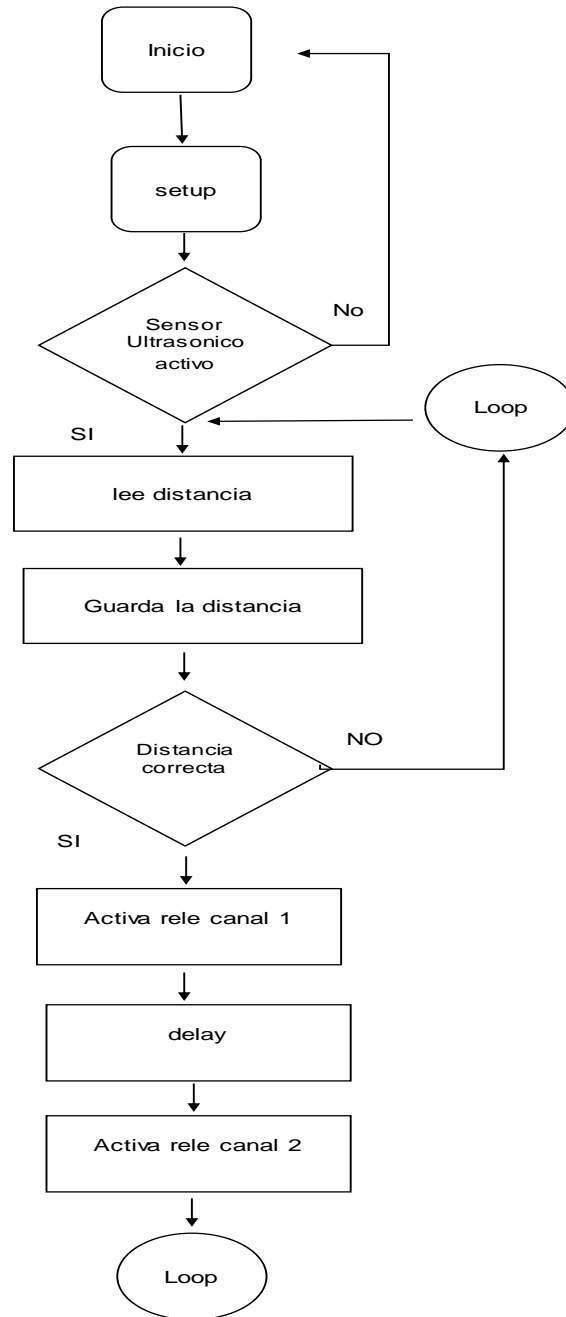
Fuente: Imagen elaborada por el autor.

5.2.5 Programación Arduino UNO.

El procesamiento de los datos, así como la ejecución de tareas específicas dependiendo de los datos obtenidos son realizadas por el Arduino Uno. Su programación se basa en dos funciones principales, el setup y el loop, este último es la función que repite cíclicamente el sistema durante su funcionamiento y el setup es la función que realiza el Arduino cuando inicia por una sola vez, en esta se inician los sensores, las variables a utilizar y los parámetros necesarios para el funcionamiento de los de la pistola de aire ionizado y el sistema de aspiración; además se establecen las velocidades de comunicación serial necesarias para la comunicación entre los dispositivos del sistema.

A continuación, se presenta el diagrama de flujo que ilustra el funcionamiento y la programación del sistema, importante recalcar que se indica únicamente la situación del setup, pues es una función de inicialización. La Figura 38 presenta la rutina principal, en esta se ve de forma general el proceso que realiza el sistema, primeramente, verifica si está en la distancia de posicionamiento correcta y si es así ejecuta la lectura del sensor y se verifica el tiempo de acción de las salidas del relé estado sólido.

Figura 38 Diagrama de flujo de la rutina principal.



Fuente: Elaboración propia.

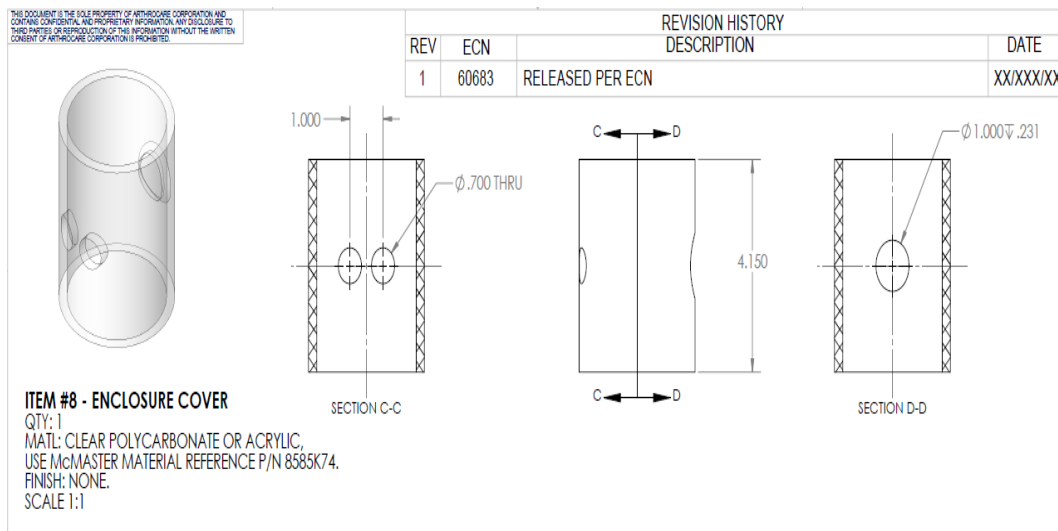
5.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Luego de realizada la construcción del sistema electrónico y de desarrollar el diseño mecánico se proceden a ejecutar diferentes pruebas que permitan verificar el funcionamiento correcto del sistema.

5.3.1 Prueba de verificación de distancia máxima en el sensor del ultrasónico.

La distancia del valor obtenido por el sensor ultrasónico se calcula de acuerdo a la dimensión de la base acrílica y a la posición de impacto del aire ionizado a las unidades, además de la ranura de ingreso las puntas de las unidades.

Figura 39 Dimensiones base acrílica.



Fuente: Elaboración Departamento de Diseño.

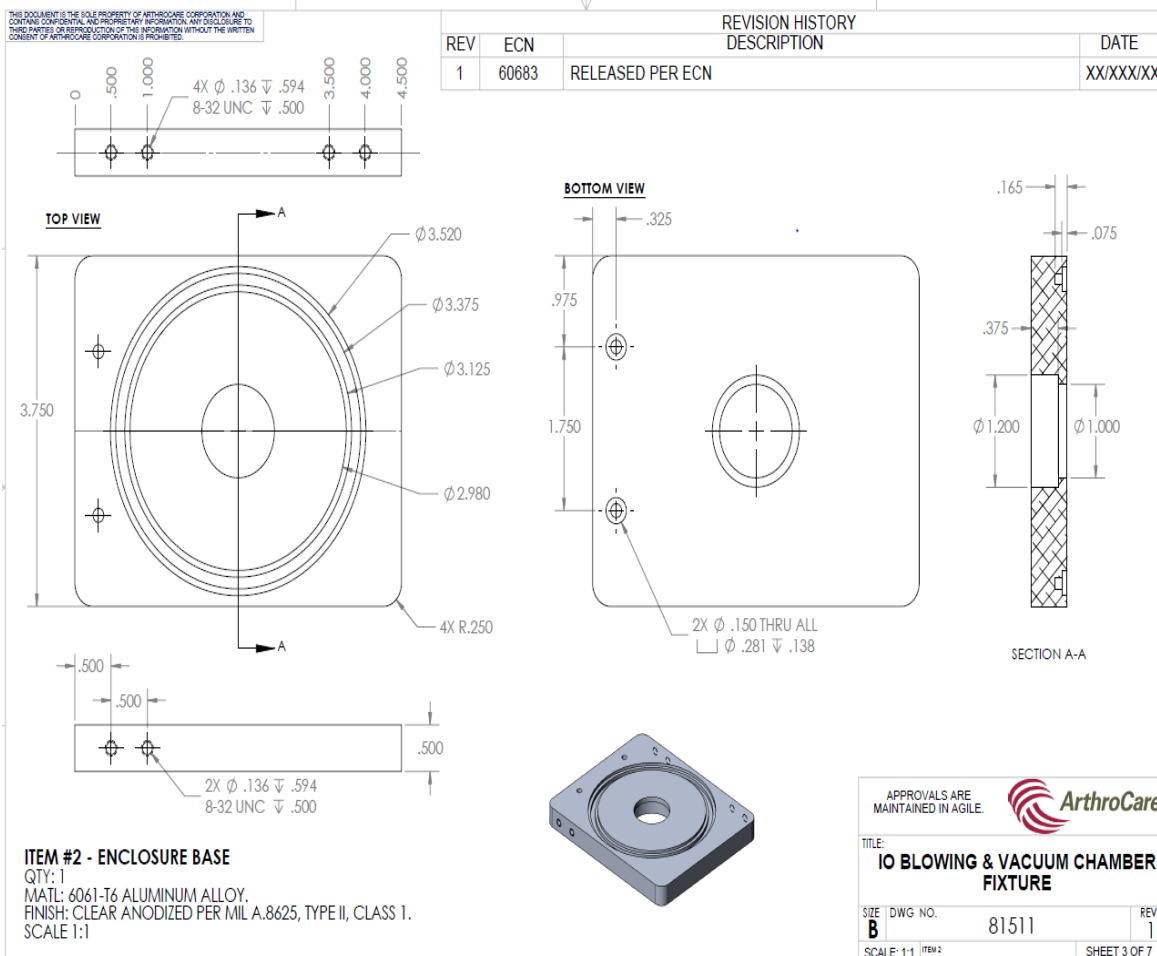
En la figura se muestran las dimensiones de la base acrílica, obteniendo de los puntos C y D las siguientes medidas:

- Distancia de pared a pared de la base acrílica. = 4.150 pulgadas, equivalente a 10.541cm.
- Posicionamiento de la ranura de ingreso de las unidades a la cápsula acrílica = $10.541\text{cm}/2 = 5.270\text{cm}$.
- Diámetro del orificio = 1 pulgada equivalente a 2.54cm.

La posición de la boquilla de la pistola de aire ionizado se encuentra centralizada en la base superior de la cápsula cilíndrica, en la Figura 40 se puede observar las dimensiones, las medidas son las siguientes:

- Largo y ancho de base superior para capsula cilíndrica = 3.750 pulgadas, equivalente a 9.525cm.
- Posicionamiento de la boquilla de la pistola de aire en la base superior de la cápsula cilíndrica = $9.525\text{cm}/2 = 4.762\text{cm}$.

Figura 40 Dimensiones base superior cápsula cilíndrica.



Fuente: Elaboración Departamento de Diseño.

5.3.1.1 Cálculo de la distancia de operación del sensor ultrasónico

Como se explica en la sección 5.3.1, las dimensiones de la capsula acrílica y base superior de la misma determinan la distancia de operación del sensor, en la siguiente tabla se expresan los datos.

Tabla 8 Mediciones para el cálculo de operación del sensor ultrasónico.

Dimensiones para el cálculo de distancia de operación del sensor ultrasónico		
Criterio	Descripción	Dimensión
1	Distancia de pared a pared de la base acrílica.	10.541cm
2	Posicionamiento del diámetro del orificio de ingreso de las unidades a la capsula acrílica.	5.270cm
3	Medida de la ranura de la cápsula acrílica .	2.54cm
4	Largo de base superior para capsula cilíndrica.	9.525cm
5	Posicionamiento de la boquilla de la pistola de aire en la base superior para cápsula cilíndrica.	4.762cm

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla anterior se toman las dimensiones para el cálculo de elaboración del sensor ultrasónico, los criterios 2 y 3 son fundamentales para determinar la distancia. El criterio 2 (5.270cm) corresponde a la medida del posicionamiento del diámetro del orificio de ingreso de las unidades a la cápsula acrílica y el criterio 3 (2.54cm) corresponde a la medida de la ranura en ella.

La distancia de operación del sensor ultrasónico se determina mediante los criterios 2 y 3 de la Tabla 6, esta magnitud sería de $5.279 \pm .2.54\text{cm}$ partiendo de esta magnitud ($5.279 \pm .2.54\text{cm}.$) se establece que la distancia de operación del

sensor ultrasónico debe ser por medio de un rango, para este caso la activación se da cuando la distancia es <8cm.

Tabla 9 Pruebas de activación.

Pruebas de activación		
	Distancia (CM)	Aceptación de Criterio
1	7 cm	Activo
2	6 cm	Activo
3	5 cm	Activo
4	4 cm	Activo
5	3 cm	Activo

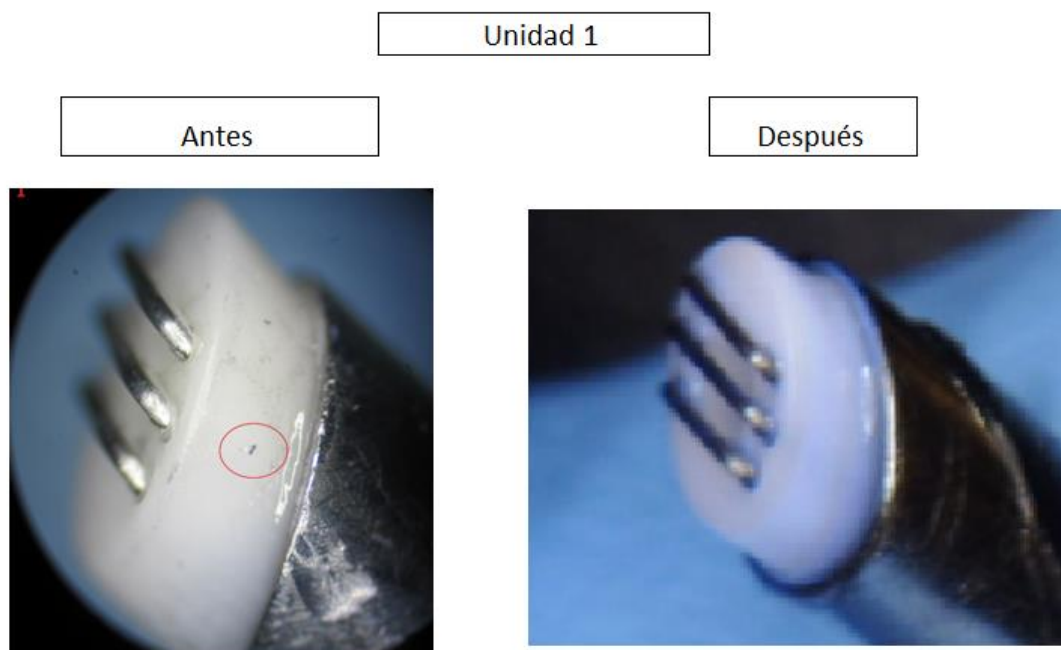
Fuente: Elaboración propia.

En la tabla se verifican las pruebas que se realizaron para la verificación de activación del sistema electrónico, de acuerdo la lógica de funcionamiento como se explica en la sección 5.2.5.

5.3.2 Pruebas de verificación de eliminación de partículas en las unidades.

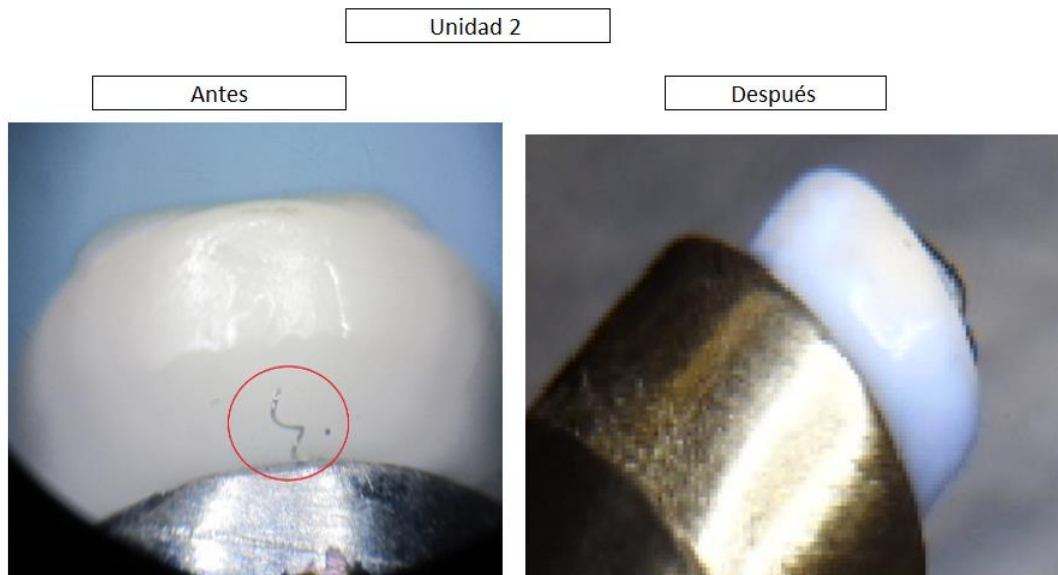
Se toma un número de muestras para la ejecución y efectividad del equipo en función a la verificación de la eliminación de partículas metálicas y/o cualquier otro material foráneo presente en las unidades, el tiempo de activación el sistema electrónico es de 5 segundos.

Figura 41 Muestra 1, unidad médica.



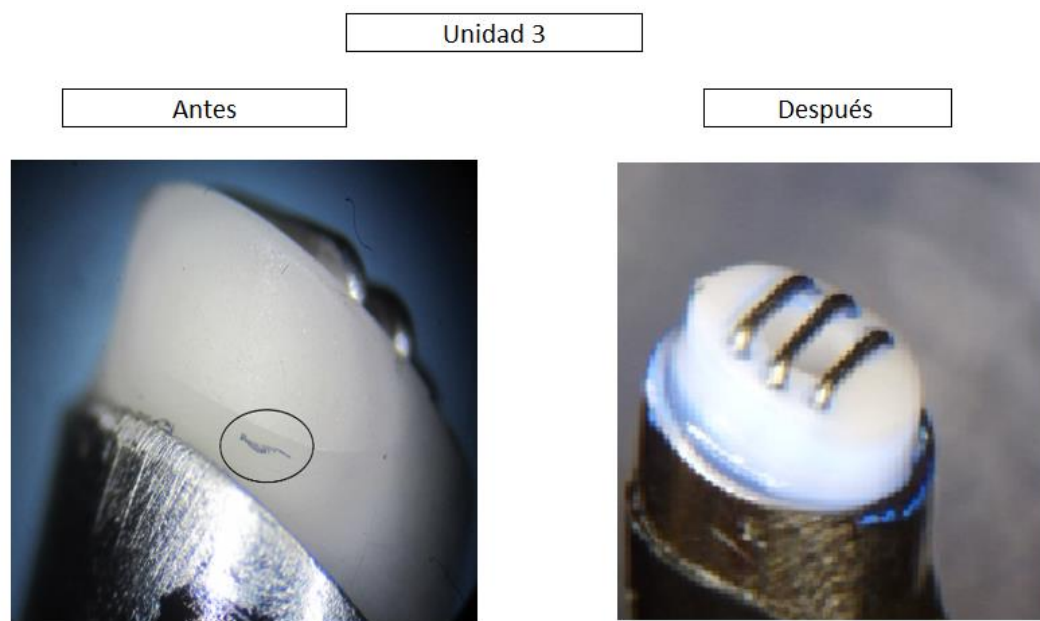
Fuente: Elaborado por el autor.

Figura 42 Muestra 2, unidad médica.



Fuente: Elaborado por el autor.

Figura 43 Muestra 3, unidad médica.



Fuente: Elaborado por el autor.

En las figuras 41, 42, 43 se puede observar el antes y el después de las unidades con presencia de partículas metálicas, en las cuales el sistema electrónico es lo suficientemente capaz de removerlas en un lapso de activación del aire ionizado de cinco segundos. Para estas pruebas se tomó el número de parte 46595 de la variedad de productos que la línea de producción posee. Sin embargo, el sistema electrónico no queda cerrado para utilizarse en solo este producto, en la siguiente tabla se determina el número de productos en que se podría utilizar.

Tabla 10 Números de parte a utilizar por el sistema electrónico .

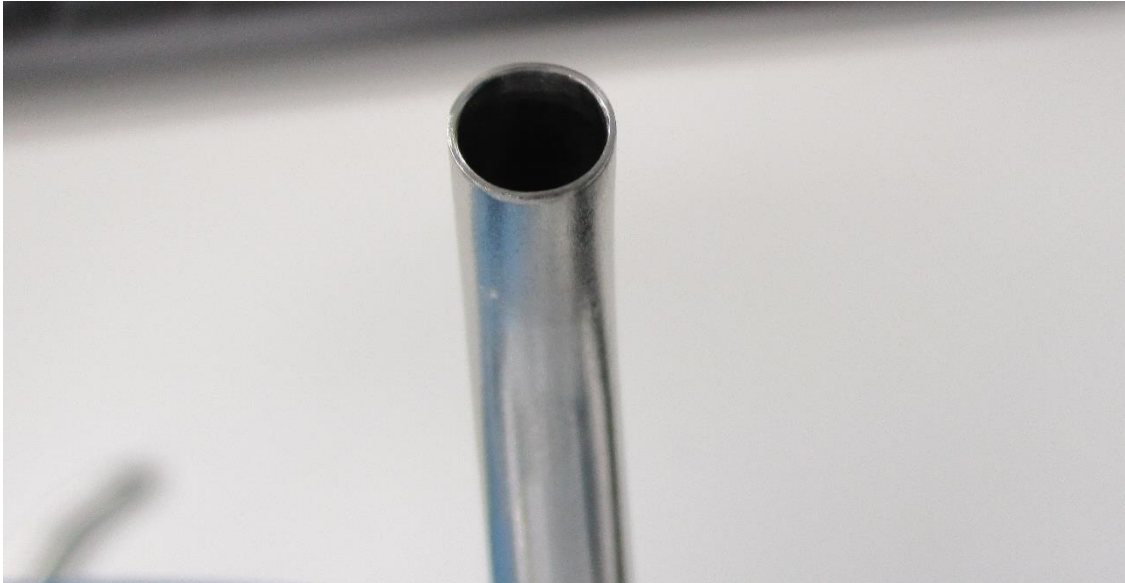
Números de productos		
Criterio	Número de parte	Especificación de la boquilla (Pulgadas) ID: Diámetro interno OD: Diámetro externo
1	46595	ID: 0.150±.003 OD: 0.173±.002
2	46596	ID: 0.150± .003 OD: 0.173±.002
3	46604	ID 0.168 ± 0.003 OD 0.188 ±0.001
4	46605	ID: 0.150±.003 OD: 0.173±.002
5	46606	ID 0.168 ± 0.003 OD 0.188 ±0.001
6	46609	ID 0.168 ± 0.003 OD 0.188 ±0.001
7	46612	ID 0.168 ± 0.003 OD 0.188 ±0.001

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla anterior se detallan las especificaciones de cada boquilla de la unidad médica, estas son las que hacen contacto con el aire ionizado y con el sensor ultrasónico con presencia de proximidad de acuerdo a distancia de operación del sensor; como se explicó en la sección 5.3.1.1, es importante mencionar que de acuerdo a las especificaciones de cada boquilla el valor obtenido por el sensor no se ve comprometido para la activación del sistema de control, la diferencia de cada

boquilla con respecto al diámetro interno es de 0,018 pulgadas y para el diámetro externo es de 0.015 pulgadas.

Figura 44 Boquilla de unidades médicas.



Fuente: Elaboración propia.

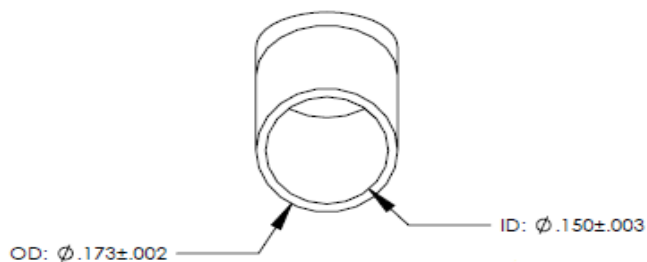
Figura 45 Boquilla de las unidades médicas.



Fuente: Elaboración propia.

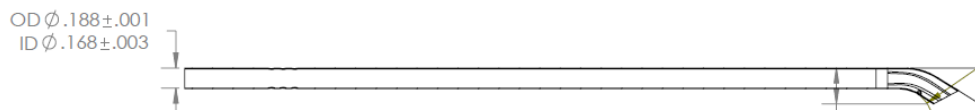
En las figuras 44 y 45 se observan los tipos de boquillas, ellas son de las partes principales de las unidades médicas porque en es en donde se localizan las partículas que se desean elimina como parte del trabajo.

Figura 46 Dimensiones de la boquilla



Fuente: Extracto del plano elaborado por el departamento de diseño..

Figura 47 Dimensiones de la boquilla



Fuente: Extracto del plano elaborado por el departamento de diseño.

En las figuras 46 y 47 aparecen las especificaciones de las medidas de boquilla anotadas en la Tabla 8.

5.3.3 Características técnicas del sistema de control electrónico.

Es importante mencionar la evaluación técnica de las partes eléctricas y electrónicas que conforman el sistema electrónico de acuerdo al sustento de la teoría que se mencionó en la sección del capítulo 2, este debido a los requerimientos de verificación y validación que se explicara en la sección 5.4

5.3.4 Características técnicas Arduino Uno.

Como se detalló en la sección 2.1.14, el Arduino Uno es una pequeña placa con un microcontrolador que se asienta en el ATmega328P que contiene catorce pines digitales de entrada/salida, seis entradas análogas y un cristal oscilador de 16MHz. En la Tabla 11 se observan las características técnicas del microcontrolador.

Tabla 11 Características técnicas del Arduino Uno.

Características técnicas del Arduino.		
Criterio	Descripción	Comentario
1	Microcontrolador	ATmega328
2	Tensión de funcionamiento	5V
3	Tensión de entrada (recomendado)	7-12V
4	DC Current per I/O Pin	40 mA
5	DC Current for 3.3V Pin	50 mA
6	Tensión de entrada (límites)	6-20V
7	Analog Input Pins	6
8	Digital I/O Pins	14 (de los cuales 6 proporcionan salida PWM)

Fuente: Elaboración Propia.

5.3.5 Características técnicas relé estado sólido.

El relé de estado sólido es un dispositivo basado en componentes opto electrónicos que permiten el control de una carga de cierta potencia mediante señales de control de baja potencia, contiene aislamientos galvánicos. En la Tabla 12 se definen las características técnicas del relé de estado sólido.

Tabla 12 Características técnicas del relé estado sólido.

Características técnicas del Relé estado sólido		
Criterio	Descripción	Comentario
1	Modulo relé	2 canales
2	Modos de operación	Normalmente Abierta (NO) o Normalmente Cerrada (NC)
3	Corriente de conducción	20mA
4	Control de fuentes de alta potencia	10A @ 250VAC y 10A @ 30VDC
5	Control de entrada	5V , 5mA

Fuente: Elaboración Propia.

5.3.6 Características de la pistola de aire ionizado.

La pistola de aire ionizado es una herramienta para quitar partículas contaminantes de la mayoría de las superficies, incluso de productos sensibles a la estática, por otro lado, menciona que proporciona ionización constantemente equilibrada para control de las cargas superficiales.

La pistola libera una constante carga balanceada de aire comprimido que neutraliza la atracción de partículas generada por la descarga electrostática. Una descarga de 1000 voltios puede reducirse a 100 voltios en cuestión de segundos. Además, utiliza un eficiente y seguro voltaje, cada unidad incluye un transformador que convierte el cable en una salida estándar de 24 voltios. Este bajo voltaje no tan solo es seguro, sino que también permite el uso de un cableado más ligero como el de la línea telefónica y un conector conocido como RJ-11. En la tabla 13 se observan las características técnicas de la pistola de aire ionizado.

Tabla 13 Características técnicas de la pistola de aire ionizado.

Características técnicas de la pistola de aire ionizado		
Criterio	Descripción	Comentario
1	Tensión de funcionamiento	120VAC, 50/60 Hz
2	Tensión de salida	24 VAC
3	Corriente de conducción	1.0A
2	Entrada de aire	20-65 PSI
3	Entrada de aire para descontaminación	30-40 PSI
4	Entrada de aire para la deionización	20-65 PSI recomendado 45 PSI
5	Presión recomendada	> 65 PSI

Fuente: Elaboración propia.

5.3.7 Características del Omega Plus Vacuum.

El proceso de aspiración se lleva a cabo por medio de un dispositivo llamado VACOMEGAS, encargado de sustraer las partículas metálicas y cualquier material foráneo que sea removido de las puntas de las unidades, este equipo posee un filtro Hepa Omega Plus Vacuum que es el centro de almacenamiento de los residuos removidos de las piezas. En las figuras 48 y 49 se muestra el equipo encargado de sustraer las partículas y el filtro Hepa de almacenamiento de residuos.

Figura 48 Vacomegas



Fuente: Imagen tomada de <https://atrix.com/product/omega-supreme-vacuum-vacomegas#description>

Figura 49 Filtro HEPA.



Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 14 se observa las características técnicas del Omega Supreme Quiet Vacuum.

Tabla 14 Características técnicas del Omega Supreme Quiet Vacuum.

Características técnicas del Omega Supreme Quiet Vacuum		
Criterio	Descripción	Comentario
1	Tensión de funcionamiento	120VAC, 50/60 Hz
2	Corriente de conducción	3.9 A
3	Potencia del motor	774 Watts

Fuente: Elaboración propia.

5.3.8 Características del sensor ultrasónico Parallax.

Como se explicó en la sección 2.1.6, el funcionamiento básico de los sensores ultrasónicos es como medidores de distancia en donde se tiene un receptor que emite un pulso de ultrasonido, y que ha rebotado sobre un determinado objeto y la refracción de ese pulso es detectada por un receptor. En la tabla 15 se observan las características técnicas del sensor Ultrasónico Parallax.

Tabla 15 Características técnicas del sensor Ultrasónico.

Características técnicas del sensor ultrasónico		
Criterio	Descripción	Comentario
1	Tensión de funcionamiento.	5VDC
2	Rango de distancia de operación.	2cm a 3metros
3	Corriente de operación.	30 mA

Fuente: Elaboración propia.

5.4 REQUERIMIENTOS DE VALIDACIÓN DE EQUIPOS EN LA INDUSTRIA MÉDICA.

Según la norma ISO 13485 del FDA sección 820.75, los procesos deben ser aprobados para asegurar que el producto sea consistente. Como se mencionó en la sección 1.3.2 uno de los objetivos del proyecto es definir los requerimientos asociados a la verificación y validación de nuevos equipos para el área de manufactura en la industria médica. Los pasos a seguir para obtenerlos se muestran más adelante.

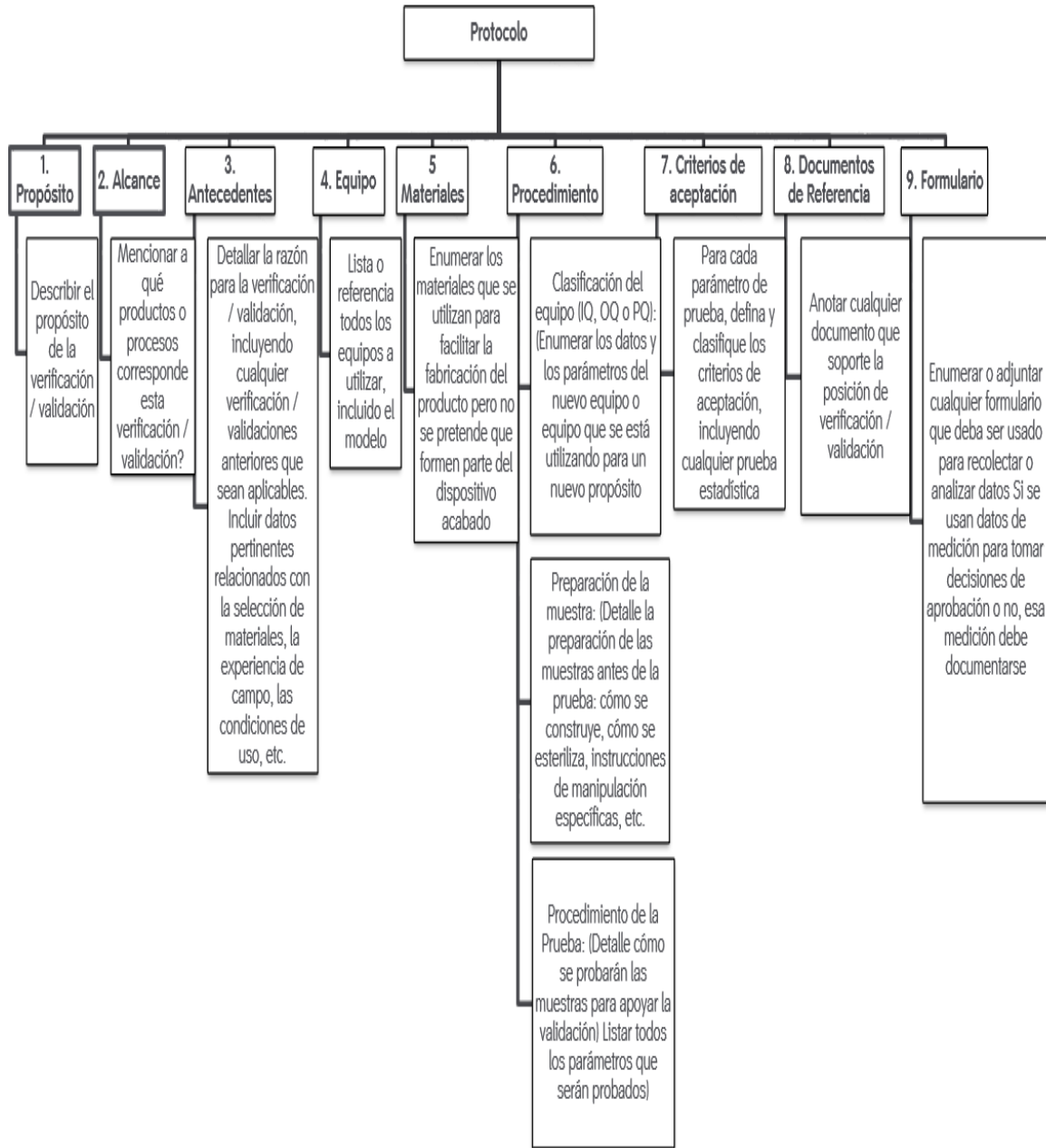
5.4.1 Protocolos y Reportes de validación

Los protocolos e informes se utilizan para llevar a cabo la evaluación de productos, procesos y para proporcionar evidencia objetiva documentada de verificaciones, validaciones y calificaciones.

5.4.2 Protocolos y reportes de validación

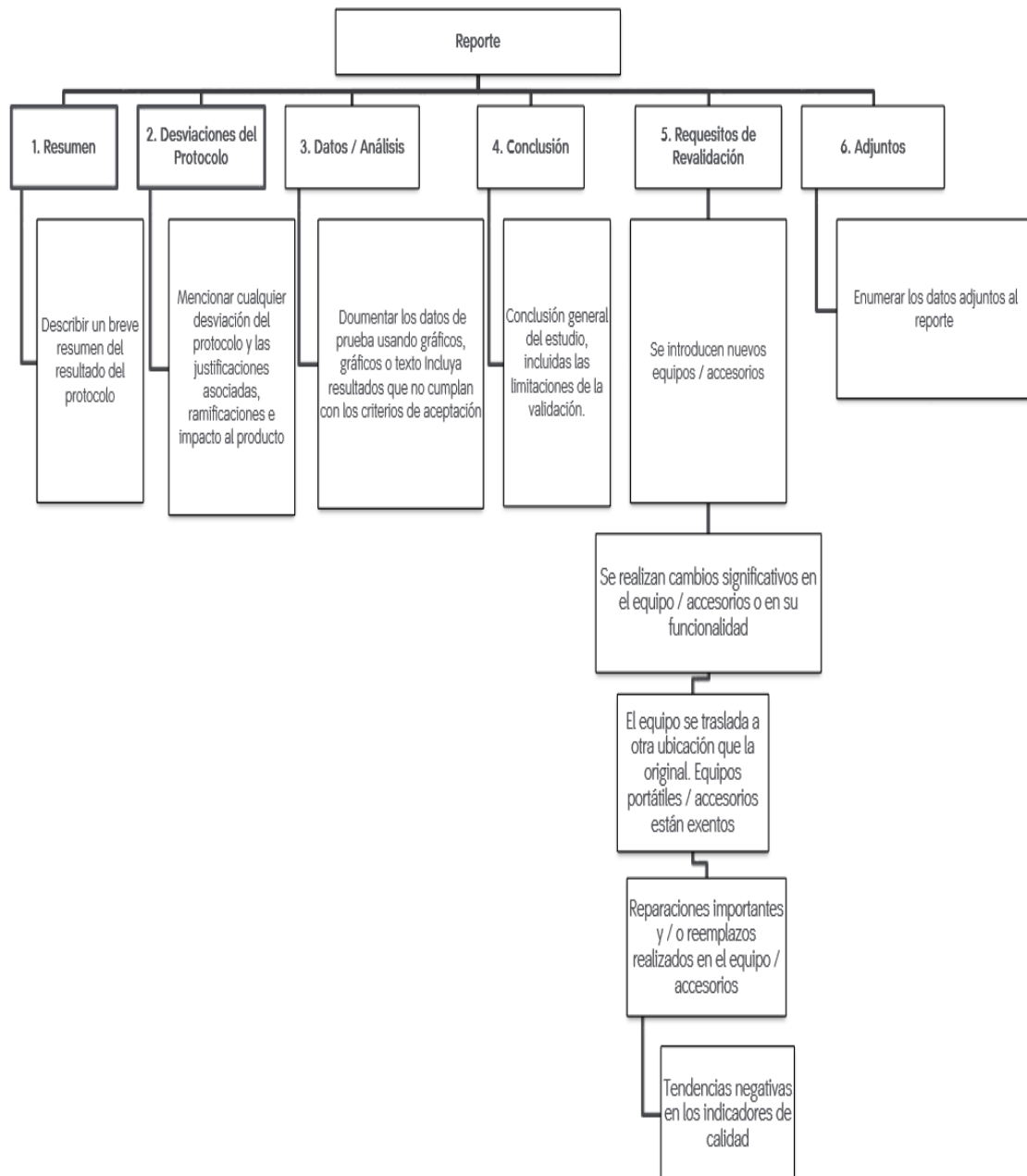
Todos los protocolos e informes deben documentarse siguiendo la estructura que se explica en el diagrama de la Figura 50, en ella están los pasos y requerimientos de un protocolo de validación y en la Figura 51 se observan las exigencias de un reporte de validación.

Figura 50 Diagrama de bloque para protocolos de validación.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 51 Diagrama de bloques para reportes de validación.



Fuente: Elaboración Propia.

5.4.3 Clasificación del Equipo IQ, OQ, PQ

Es indispensable determinar el tipo de calificación del equipo a validar de acuerdo al protocolo y reporte de validación. Para ello debe definirse desde la concepción del artículo si el mismo se clasifica como una herramienta, un accesorio o un equipo; ya que los requisitos de calificación varían según su utilización.

5.4.4 Calificación de la instalación (IQ)

Establecer por evidencia objetiva que todos los aspectos clave del equipo de proceso y de la instalación del sistema auxiliar se adhieren a la especificación aprobada por el fabricante y que las recomendaciones del proveedor del equipo son adecuadas. Se verifica además que el equipo al conectarse a sus labores opere tal y como se espera.

5.4.5 Calificación de operación (OQ)

Constituir por evidencia objetiva límites de control de procesos y niveles de acción que resulten en un producto que cumpla con todos los requisitos predeterminados. Puede ser realizado y documentado junto con el IQ. Por medio de estudios de laboratorio o diseño de experimentos se definen cuáles son los parámetros de operación del equipo que aseguren una especificación de producto establecida.

5.4.6 Calificación de rendimiento (PQ)

Establecer por evidencia objetiva que el proceso repetitivo, bajo condiciones nominales, produce consistentemente una característica del producto que cumple con todas las especificaciones y requisitos predeterminados. En esta etapa se monitorea la capacidad del equipo (CPK) el cual debe ser regularmente mayor a 1.33, lo que indica que el equipo asegura la reproducibilidad y repetitividad adecuada.

5.4.7 Validación de Proceso (utilizando el accesorio o equipo).

Se verifica la producción de alto volumen manejando el equipo nuevo o accesorio para así determinar su consistencia en un ambiente cercano a la producción futura. Se establecen tres lotes con cantidades representativas a lotes de manufactura y se inicia el proceso de ensamblaje con personal de producción siguiendo la normalidad de cualquier otra orden de trabajo, con la diferencia de utilización del nuevo accesorio o equipo a introducir.

5.5 AHORRO DE TIEMPOS

Como parte de la implementación del sistema electrónico se quiere lograr la reducción de partículas metálicas en las puntas de los dispositivos médicos, que por consecuente ayuda también a una reducción en los tiempos de operación.

Figura 52 Eliminación de tubo de guía de corte.

2: Corte del termo transparente

Part Number	Fixture P/N
46596, 29863, 46612, 29884	66892
26546, 46604	71941

Precaución
Evite dañar el Thermo transparente por cortes ligeros/biseles a lo largo de los bordes del tubo de succión.

1 Procedimiento Correcto

2 Procedimiento Incorrecto

1. Ubique el FA- P/N con su respectivo Fixture P/N listados en Tabla 1. **NOTA:** Para FA P/N 29994/46609/46606/29995 paso 2 no aplica.
2. Alinee el ángulo del final del Spacer y el del fixture como se muestra.
3. **Cuidadosamente** Inserte el subensamble dentro del fixture dejando **aproximadamente** la exposición del spacer a la mostrada en la tabla 2 (Altura del Spacer) Punto 4. Evite dañar el Thermo transparente por cortes ligeros/biseles cuando este esta siendo insertado.
4. Corte el Shrink tube de manera circular y de tal forma que el final de éste sea uniforme con la punta del Shaft, ver como referencia de corte las imágenes 1 y 2. Evite que la razor roce el borde del fixture.
5. Retire **Cuidadosamente** el subensamble del fixture y límpielo con una toalla con el fin de eliminar cualquier viruta, luego insértele dentro del shaft correspondiente.
6. Verifique bajo microscopio usando una magnificación de 10x, que no se encuentre partículas o fibras metálicas alrededor del fin distal del return shaft. En caso que se encuentren partículas remuévalas cuidadosamente.
7. Visualmente verifique que el termo transparente no haya sufrido daños. Si los tiene reemplácelo según paso 1


Nota: El fixture debe ser solicitado al encargado de los equipos al principio de cada turno y ser devuelto a final de cada turno.

Fuente: Elaboración propia.


En la Figura 52 se expresan de color rojo los criterios que no son requeridos en los procedimientos de manufactura con la implementación del sistema electrónico, esta eliminación corresponde a la eliminación del tubo de guía de corte, como se mencionó en el capítulo 1 justificación del problema sección 1.1.3.

Figura 53 Eliminación de Criterios en la estación altura del espaciador.

4. Altura del Spacer			
Tabla 2: Altura del Spacer			
Part Number	Dimensión Mínima	Dimensión Máxima	Rango de galga recomendada (Min <=> Max)
29994, 29995, 46606, 46609	0.48mm (Min)	1.10mm (Max)	0.019" - 0.043"
46596, 29863, 29884, 46612	1mm (Min)	1.66mm (Max)	0.039" - 0.065"
26546, 46604	1.5 (-0.5) = 1mm	1.5 (+0.5) = 2mm	0.039" - 0.079"




Precaución
Evite dañar el Thermo transparente por cortes ligeros/biseles a lo largo de los bordes del tubo de succión.



1. Alinee el ángulo del final del Spacer y el del Return Shaft como se muestra.
2. Inserte **Cuidadosamente** el subensamble dentro del return shaft dejando **aproximadamente** la exposición del spacer a la mostrada en la tabla 2 (Altura del Spacer) Evite dañar el Thermo transparente por cortes ligeros/biseles cuando este esta siendo insertado. Limpie el exceso de adhesivo utilizando un aplicador o toallas cortadas.
Nota: Solo para los FA P/N 29994/46609/46606/29995: Corte el Shrink tube de manera circular y de tal forma que el final de éste sea uniforme con la punta del Shaft, ver como referencia de corte las imágenes 1 y 2. Evite que la **razor roce el borde del shaft. Verifique bajo microscopio usando una magnificación de 10x, que no se encuentre partículas o fibras metálicas alrededor del fin distal del return shaft. En caso que se encuentren partículas remuévalas cuidadosamente usando una toalla.**
3. Asegúrese que el Spacer se encuentra centrado con respecto al ángulo del Shaft, unas pinzas P/N33348 de Delrin o Ultem pueden ser utilizadas para centrar el Spacer. Sólo pinzas P/N33348 son permitidas para este paso.
4. De ser necesario remueva cuidadosamente usando un micro a 10x, oíjer o razor cualquier exceso de thermo transparente. **Posteriormente verificar que no se encuentren partículas o fibras metálicas alrededor del fin distal del return shaft. En caso que se encuentren partículas remuevalas cuidadosamente.**
5. Utilice una galga para definir la altura del Spacer en su separación mínima, alrededor del spacer. La longitud expuesta del spacer en la mínima separación entre el borde distal del spacer y el borde distal del return debe de ser la mostrada en la tabla 2 (Altura del Spacer) utilizando el plano final como referencia. De preferencia, para los P/Ns 29994 y 46609 -LW- utilizar una galga intermedia de 0.027". Inspeccione los orificios por posibles obstrucciones según el Workmanship 23857.
Nota: El ensamble del Spacer debe ser scrapedo si se requiere fuerza excesiva para ensamblarlo.
Nota Esta operación puede ser realizada en cualquier momento del ensamble del return y la punta : Si el thermoencogible está dañado cuando se carga el subensamble dentro del Shaft remuevalo y reemplacelo siguiendo los pasos de la estación 1.

Fuente :Elaboracion propia.

Figura 54 Eliminación de criterio estación ensamble del curado.

5: Ensamble del Curado	
	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Verifique bajo microscopio usando una magnificación de 10x, que no se encuentre partículas o fibras metálicas alrededor del fin distal del return shaft. En caso que se encuentren partículas remuevalas cuidadosamente con una razor 2. Utilizando el dispensador con parámetros 1 o el sistema dispensador de 1Litro con los settings de Touch Up, aplique una gota de Loctite alrededor del fin distal del Return Shaft formando una Corona o sello entre el Spacer y el Shaft de manera uniforme en diámetro y profundidad, llenando como recomendación a la altura o fin distal del Return Shaft. (Nota: evitar excesos de Loctite). 3. Verifique que no halla un gap entre el spacer y el shaft, excesos de de adhesive pueden ser limpiados con un aplicador, tambien que el adhesivo se encuentre libre de partículas o fibras metálicas (de ser así remuevalas con un oiler y/o aplicador y si es necesario aplica una gota adicional de adhesivo) No use alcohol 	

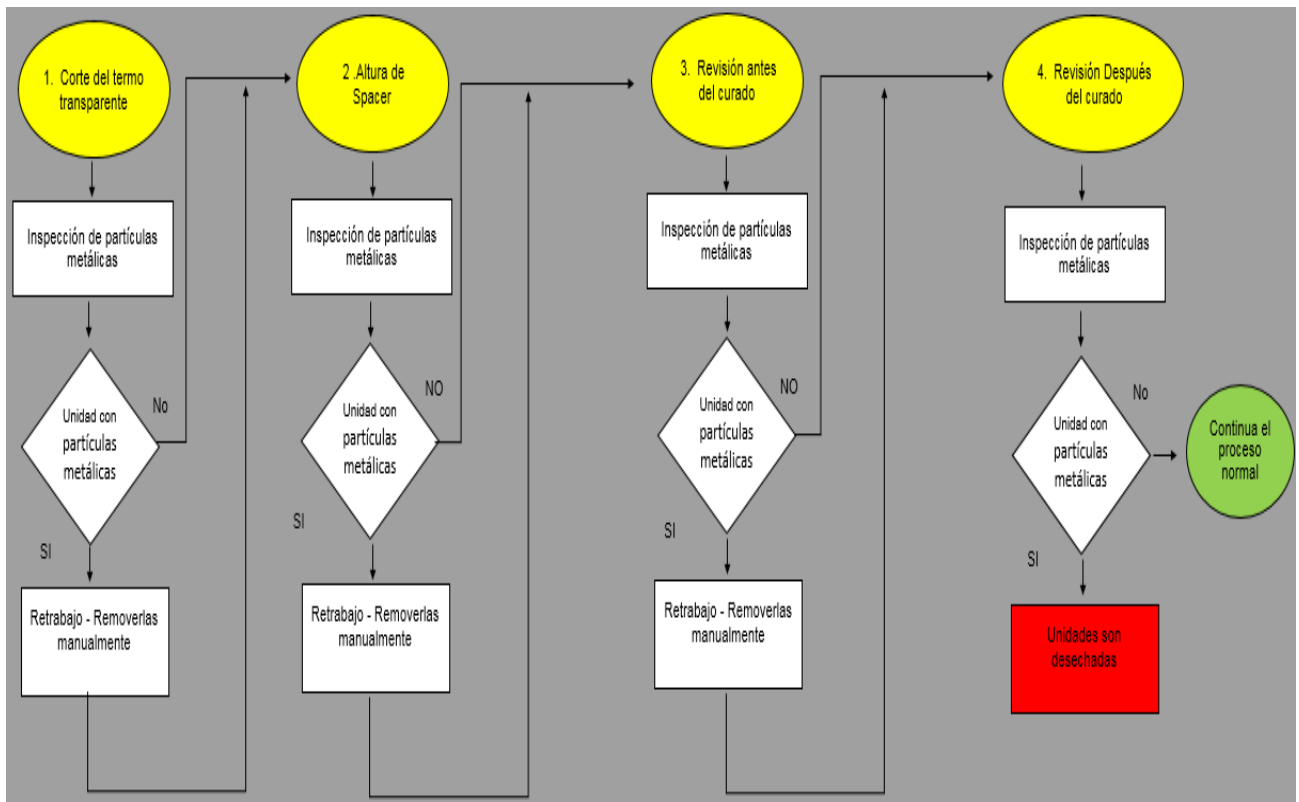
Fuente : Elaboracion propia.

En las figuras 53 y 54 se manifiesta en color rojo los criterios eliminados relacionados a inspeccionar y remover partículas metálicas manualmente en la estación de “spacer” y ensamble del curado, como se mencionó en el diagrama de proceso de la Figura 15.

5.5.1 Diagrama bloques proceso actual y con la incorporación del sistema de control electrónico.

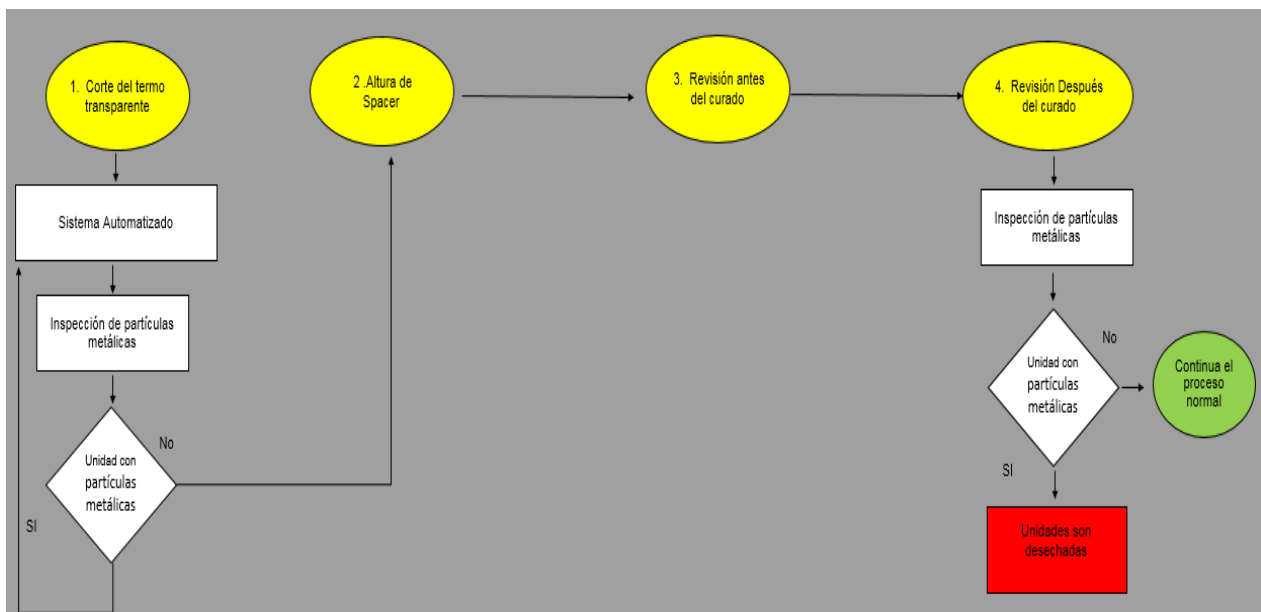
En los diagramas de las figuras 55 y 56 se puede observar la comparación de la situación actual con respecto a la incorporación del sistema de control en la línea de producción, donde se logra apreciar una la disminución de los criterios como se mencionaron en la sección 5.5. Es importante mencionar que después de someter las unidades al sistema electrónico estas son inspeccionadas en microscopio, y si existe algún defecto se vuelven a someter al proceso de control, ya que con esto se garantiza que para operaciones subsecuentes las unidades no tengan presencia de partículas metálicas y/o cualquier otro material foráneo.

Figura 55 Diagrama de proceso actual.



Fuente: Elaboracion propia.

Figura 56 Diagrama de proceso con el sistema electrónico .



Fuente: Elaboración propia

5.5.2 Tiempos por operación.

Es importante determinar los tiempos por operación actuales en el proceso y compararlos con la incorporación del sistema electrónico. Este sistema está programado para remover las partículas en un lapso de tiempo de activación de cinco segundos, esto sin contemplar la inspección bajo microscopio.

Tabla 16 Tiempos de operación.

Cant o.	Operación 1	Operación 2	Operación 3	Seg / EA	Seg / EA	Seg / EA
1	Preparación de Peek			13.57		
1	Inspección de Spacer	<i>Loading</i>		1.50	12.45	
3	First			24.39		
1	Inspección de First			6.12		
1	Introduce pantalón negro	Quema pantalón negro		3.81	7.70	
1	Inspección de Swage (componente)	Inspección pegado Swage		3.80	3.84	
1	Pegar Swage			10.78		
1	Polimer	<i>Second</i>		8.00	10.40	
2	Colocar Peek	Corona		12.05	9.07	
1	Inspección de corona			23.90		
2	Coloca termo y mide	Quemar termoencogible		7.19	15.07	
1	Introducir la pieza en el Return Fixture (cargar Return)	Hacer corte de termoencogible	Limpiar pieza con termo	5.07	12.00	5.25
1	Introducir la pieza en el Return (cargar Return)	<i>Bondshaft</i>		5.07	17.00	
1	Centrado			18.11		
1	<i>Touch up</i>			10.15		
1	Inspección final SA			15.28		
1	Corona+rework	Corte de <i>large</i>		17.00	4.22	
2	Corta <i>wires</i> / poliamida	Crimping	Colocar Bushing / pantalón	8.00	11.30	7.67

Fuente: Departamento de Ingeniera Industrial de la compañía.

En la tabla 16 se observan los tiempos en color amarillo. Se eliminan los procesos equivalentes a un ahorro de 10.32 segundos por pieza y, como se mencionó en la sección 5.3.2, el tiempo de ejecución del sistema de control es de cinco segundos, que por consecuente hará que el ahorro total sea de 5.32 segundos por pieza. Para una jornada efectiva de 6.5 horas la meta de producción es de 844 unidades procesadas, con este diseño de un sistema electrónico la productividad con respecto al ahorro de tiempo es de 860 unidades procesadas aproximadamente.

5.6 LISTA DE CHEQUEO DE LAS CARACTERÍSTICAS DEL PROTOTIPO.

Como se mencionó en la sección 4.2.3, se consideró para el desarrollo del proyecto la lista de chequeo de las características del prototipo. Esto se detallada en la Tabla 17 completamente.

Tabla 17 Lista de chequeo de las características del prototipo completada.

Lista de Chequeo de las características para el desarrollo del prototipo		
critério	Descripción	cumplimiento
1	Tamaño del diseño adecuado para la etapa de proceso , plano del diseño dimensiones.	✓ Sección 5.2.3
2	Utilización de microcontrolador Arduino Uno.	✓ Sección 5.2.2
3	Utilización de sensor ultrasónico.	✓ Sección 5.2.2
4	Utilización de pistola de aire ionizado.	✓ Sección 5.3.2
5	Utilización de Vacuum (sistema de aspiración).	✓ Sección 5.1.1
6	Material de acero inoxidable / acrílico.	✓ Sección 5.2.4
7	Programar y elaborar el mecanizado de las partes donde encajarán los elementos electrónicos del sistema.	✓ Sección 5.2.4
8	Realizar la programación electrónica de la lógica de funcionamiento del sistema.	✓ Sección 5.2.5
9	Determinar los voltajes de funcionamiento de la pistola de aire ionizado y Vacuum (sistema de aspiración) para la utilización de Relé de estado sólido.	✓ Sección 5.3.3
10	Conexión de todos los elementos electrónicos.	✓ Sección 5.2.2
11	Determinar las pruebas de funcionalidad necesarias para probar el correcto funcionamiento del dispositivo.	✓ Sección 5.3

Fuente: Elaboración propia.

5.7 VERIFICACIÓN, ASEGURAMIENTO, CONTROL Y SEGUIMIENTO DEL PROYECTO.

Se realiza un plan de acción del proyecto para garantizar el aseguramiento, control y seguimiento de él; este método de acciones consiste en la lista de chequeo que se utiliza para la verificación de los resultados, personas responsables de que las acciones propuestas se lleven a cabo en una fecha determinada de ejecución y el estatus de las acciones de cada mes con el fin de la verificación efectiva de los resultados. n la siguiente tabla 18 se muestra el plan de acciones completadas.

Tabla 18 Plan para el control y seguimiento del proyecto.

Contramedidas detalladas y plan de acción para el control y seguimiento del proyecto														
Item	Acción	Responsable	Sección de referencia	Mz	Ab	My	Ju	JL	Ago	Sep	Oct	Nov	Dec	Status
1	Establecer una conexión mediante el uso de Arduino y sensor ultrasónico conforme a los requerimientos del sensor	Mayer Garcia	Secciones 5.2.2	▲										Done
2	Determinar con las pruebas el cálculo de distancia de operación del sensor ultrasónico	Mayer Garcia	Seccion 5.3.1/ 5.3.1.1		▲									Done
3	Determinar por medio del sensor ultrasónico la presencia de las unidades médicas de acuerdo a la correcta conexión del Arduino y el sensor ultrasónico.	Mayer Garcia	Seccion 5.3.1.1 tabla 9		▲									Done
4	Elaborar un código que permita las limpiezas de virutas metálicas mediante el uso de la plataforma Arduino de acuerdo a los estándares mínimos requeridos en los dispositivos médicos.	Mayer Garcia	Seccion 5.2.5					▲						Done
5	Elaborar un diagrama de flujo que ilustra el funcionamiento y la programación del sistema.	Mayer Garcia	Secciones 5.2.5 figura 38	▲										Done
6	Realizar el diseño por computadora del acople mecánico.	Departamento tooling Smith	Seccion 5.2.3			▲								Done
7	Realizar el diseño por computadora del sistema automatizado	Departamento tooling Smith	Seccion 5.2.3			▲								Done
8	Determinar el tipo de material adecuado para cuartos controlados en la industria de dispositivos médicos de acuerdo a los estándares de calidad.	Mayer Garcia	Seccion 5.2.4				▲							Done
9	Programar y elaborar el mecanizado de las partes donde encajará los elementos electrónicos del sistema, con la ayuda de una fresadora CNC y mecanizado convencional.	Departamento machine shop Smith	Seccion 5.2.4 , anexo 8					▲						Done
10	Determinar las pruebas de funcionalidad necesarias para probar el correcto funcionamiento del dispositivo	Mayer Garcia	Seccion 5.3						▲					Done
11	Realizar las pruebas de verificación de eliminación de las partículas metálicas de acuerdo a los estándares mínimos requeridos en los dispositivos médicos	Mayer Garcia	Seccion 5.3.2						▲					Done
12	Requerimientos de validación de equipos en la industria medica	Mayer Garcia	Seccion 5.4						▲					Done
<p>Planning: Planned Start ○ Planned Completion ▲ Actual Start ● Actual Completion ▲</p> <p>Checks: On Target ○ Behind Target ▲ In Trouble X</p> <p>Status: On time (Yellow) Done (Green) Delated (Red)</p>														

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO VI: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 CONCLUSIONES

En el control electrónico de los procesos se encuentra la solución a la problemática de la productividad asociada a la mano de obra humana. Hoy, se está en una era de innovación y tecnología, por lo tanto, las empresas deben y se ven obligadas a desarrollar e implementar modificaciones en sus máquinas y sistemas para ser más competitivas y aumentar su productividad. Para este proyecto:

- Se determinó por medio de entrevistas a los colaboradores información útil del comportamiento del proceso como las preocupaciones más relevantes al proyecto, entre ellas la duración de ejecución del sistema, comodidad, efectividad del equipo y aspectos ergonómicos; estas inquietudes se contrarrestaron durante el desarrollo del prototipo con aspectos como tamaño del diseño, tiempo de ejecución de remover partículas entre pieza y pieza, set up del equipo y la ergonomía (no es requerido hacer movimientos repetidos y complejos para la utilización del sistema).
- Se logró establecer la conexión electrónica entre el módulo del sensor ultrasónico y la plataforma Arduino
- Se realizó un diseño mecánico evaluando aspectos de tamaño, peso y tipo de material para cuartos controlados; esto con el fin de tener un espacio apto para la línea de producción y en cumplimiento con las normas de calidad en la fabricación de dispositivos médicos, incluyendo que tiene fácil acople de los elementos que conforman el sistema electrónico.

- Se determinó por medio de las pruebas funcionales la distancia de operación del sensor, realizando un análisis de las dimensiones de los partes del prototipo mecánico, así como el funcionamiento del tiempo de activación del aire ionizado y el sistema de aspiración. Este tiempo es determinado por cinco segundos, garantizando el buen desempeño para remover las partículas metálicas y/o cualquier material foráneo.
- Se logró desarrollar un sistema de electrónico con el cual se pueden utilizar seis productos diferentes, esto sin la necesidad de hacer reajustes al sistema y/o al código de programación
- Se mejora el rendimiento de la estación de trabajo, eliminando el proceso de tubo guía de corte, paso adicional de carga y descarga del subensamble, reducción el tiempo de ejecución de la operación en 5.32 segundos
- Con la implementación de este sistema para una productividad de 6.5 horas efectivas diarias, se incrementa la cantidad de unidades procesadas de 844 a 860 unidades, una ganancia 16 piezas adicionales.

6.1 RECOMENDACIONES

Dado a la alta necesidad de la mano de obra para ciertos procesos de manufactura y afines, es necesario continuar con estudios y análisis de datos de las diferentes áreas de trabajo, esto con el fin de poder administrar de la mejor manera este activo tan valioso. A causa de los altos costos de la mano de obra en la actualidad, en nuestro país se deben determinar cuáles áreas resultan más rentables y cuáles áreas no y de esta forma promover el desarrollo electrónico a las tecnologías que contribuyan al mejoramiento continuo de la empresa. Por lo tanto:

- Incluir al prototipo final, un sistema de inspección por medio de cámaras, esto permitiendo realizar las inspecciones dentro de la misma etapa sin ayuda de microscopio y mejorando los tiempos de ejecución.
- Implementar otro y/o varios sistemas electrónicos de limpieza por aire ionizado y desecho de residuos por aspiración, para las otras líneas de manufactura de la compañía, ya que tiene el mismo y/o similar proceso de ensamble.
- Crear una base de datos que recopile la información de las unidades en tiempo real, por un sistema de visualización automatizado que le permita al usuario determinar la aceptación de las unidades, esto por medio de una interfaz gráfica.
- Generar un plan de mantenimiento técnico tanto para la parte de software como para la de hardware del sistema; esta se debe realizar una vez cada seis meses con el fin de evitar problemas que afecten su funcionamiento.

- Se recomienda para la estación de trabajo la utilización de tapones de seguridad para los oídos debido al ruido de la pistola de aire ionizado y el sistema de aspiración.
- Establecer todas las normas de seguridad y salud ocupacional para la utilización del sistema de control electrónico.

BIBLIOGRAFÍA

TEXTOS O LIBROS

Bill Wortman, Quality council of Indiana. Primera edición, Paris, 2006

Cinfuentes, B. (2011). Didáctica para la enseñanza de microcontroladores. UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA DEPARTAMENTO DE EDUCACION (2011).

Diego, P. (2006) SENSORES DE DISTANCIA POR ULTRASONIDOS. 4º Ingeniera de telecomunicaciones Disponible en: <http://www.alcabot.com/alcabot/seminario2006/Trabajos/DiegoPerezDeDiego.pdf>

Hernández Sampieri, Roberto (2006) Metodología de la investigación. (6ª ed.) McGraw-Hill. México.

Gómez, J. (2000). Circuitos Eléctricos: UNIVERSIDAD DE OVIEDO. SERVICIOS DE PUBLICACIONES (2000)

Gregorio Sánchez Ávila. Uso de la tecnología en el Aula. Copyright, México, 2013

Kalpakjian, Serope y Schmid, Steven R. Manufactura, Ingeniería y tecnología. Person Education, México, 2002

Montero J. Implementación de un sistema para prensa y testeado de patch cords en Panduit de Costa Rica. (Práctica Universitaria Supervisada para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería en Electrónica) Universidad Hispanoamericana, Ingeniería electrónica, Costa Rica, 2015

Molina Morocho M, Pruna Vásquez L (2011), Control de un Ascensor y Adquisición de datos con LABVIEW (Tesis inédita de bachillerato), Escuela Superior Politécnica Del Litoral Facultad de Ingeniería en Eléctrica y Computación, Guayaquil, Ecuador

Murillo Torrecilla, Javier (2006) Enfoques metodológicos de investigación en ciencias sociales. Disponible en http://www.uam.es/personal_pdi/stmaria/alenava/Docencia/doctorado/primeraparte_docs/enfoques_metodologicos_j_murillo.pdf

Pallas Areny P. Adquisición y distribución de señales, Barcelona: MARCOMBO, S.A; 1993

Pallas, R (2005). SENSORES Y ACONDICIONADORES DE SEÑAL. Catalunya, España: EDITORIAL MARCOMBO, S.A.

Paz F, Agustín J, Rivas V, Alejandro L. Desarrollo de un prototipo de sistema automatizado de limpieza de superficie basado en controladores lógicos programables para simulación de la limpieza de silos. (Tesis inédita de bachillerato) Escuela de Ingeniería electrónica, Caracas, Venezuela

Pere Molera S. Metales resistentes a la corrosión. Barcelona: MARCOMBO, S.A; 1990

Primo (2011) Tecnología B ESO. Libro del alumno. (1ª Ed.). McGraw-Hill. España.

Rincón Ruiz, J. (2008). Diseño y Construcción de un Dispositivo Electrónico para la detección de obstáculos, como ayuda a personas con discapacidad visual (Tesis inédita de bachillerato), Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia

TORRES, C., TOMATI, F. Despliegue de seis sigmas en una organización: Claves para el éxito. Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina. 2006.

OMAYRA, F., HERNÁNDEZ, J., MÉNDEZ, A., LOZADA, J. Utilización de la Metodología Six Sigma para el mejoramiento del proceso de Adquisiciones en los Tiempos de Entrega de las compras en una empresa dedicada a la producción de productos químicos (Cloro) situada en la Ciudad de Guayaquil. Guayaquil, Ecuador

INTERNET

Aracil, F. (2004) Introducción a la Teoría de Circuitos. [Versión PDF] Disponible en: http://woody.us.es/ASIGN/TCEF_1T/Prob/teoria_ctos1.pdf

Barrantes Echeverría, Rodrigo (2002) Investigación: un camino al conocimiento, un enfoque cualitativo y cuantitativo. (1ª ed.) EUNED. Costa Rica. Disponible en: <http://www.gracat.com/>

CRCibernetica (2017) 2 Channel 5V Relay Module Disponible en: <http://www.crcibernetica.com/2-channel-5v-relay-module/>

Digi-key Electronics (2017) SCS Pistola de aire Ionizado Disponible en: <http://www.digikey.com/es/product-highlight/s/scs/ionized-air-gun>

EcuRed (2017) Disponible en: <https://www.ecured.cu/ionizaci%C3%B3n>

Electronics Components (2015). Electronics Components Datasheet. Disponible en: <http://www.alldatasheet.com/view.jspSearchword=Atmega168>

ElectroniLab (2017) Ingeniería y Diseño Electrónico Disponible en: <https://electronilab.co/tienda/sensor-de-distancia-de-ultrasonido-hc-sr04/>

Electronic & Interconnect Solutions Division (2017) Disponible en: <http://www.controlestatica.com/descargas/Pistola%20de%20Aire%20Ionizado%203M.pdf>

Fresadora (2017) FRESADORAS-CNC disponible en: <http://www.fresadoras-cnc.com/fresadora/>

FundacionCIM (2017) Mecanizado CNC Disponible en: <https://www.fundaciocim.org/es/fabricacio/mecanizat-cnc>

Grumeber (2017) MECANIZADOS Y DECOLETAJE GRUMEBER S.L. Disponible en: <http://www.grumeber.com/>

IES Las Sabinas (2008) Sistemas electrónicos. [Versión PDF] Disponible en: <http://blog.educastur.es/tecnoaller/files/2011/02/apuntes-e-analogica.pdf>

Lacayo, S. (2011). Simulación de sistemas electrónicos. Disponible en: <http://www.slideshare.net/gabriellacayo/simucin-de-sistemas-electronicos>

La guía de química (2017) Acero inoxidable. Disponible en: <http://quimica.laguia2000.com/quimica-inorganica/acero-inoxidable#ixzz4Z3RhU5HR>

Parallax (2009). Parallax Disponible en: <https://www.parallax.com/Whats-a-Micronroller-espanol-v3.pdf>

PTC (2017) Soluciones de Software disponible en: <http://www.ptc.es/cad>

Pisuerga, (2006). Sistemas Electrónicos. Disponible en: <http://iesodrapisuerga.centro.educa.jcyl.es/sito/upload/SISTEMAS ELECTRONICOS.pdf>

Protolabs (2017) Mecanizaco CNC Disponible en: <https://www.protolabs.es/cnc-machining/>

RAE (2001). Diccionario de la lengua española. Disponible en: <http://www.rae.es/recursos/diccionarios/diccionarios-anteriores-172620/diccionario-de-la-lengua-espanola-2001>

SEAT (1996). Conceptos básicos de electricidad. Disponible en: http://www.hacienda.go.cr/cifh/sidovih/cursos/material_de_apoyoCIFH/3MaterialdeapoyocursosINA/Fundamentoselectronicaparainformaticos/Conceptosbaselect.pdf.

SILICA (2015). Sensors. Disponible en: <http://silica.com>

SolidWorks (2017) Productos de Solidworks Disponible en: <http://www.solidworks.es/sw/3d-cad-design-software.htm>

Smith Nephew (2017). Smith Nephew Nuestra historia Disponible en: <http://www.smith-nephew.com/about-us/who-we-are/our-history/>

Smith Nephew (2017). Smith Nephew Tecnología Coblation Disponible en: <http://www.smith-nephew.com/key-products/key-ent/ent-technology/coblation/>

Qualiment. Web site Estrategia six sigma disponible en: <http://www.qualimet.cl/?m=40>

ANEXOS

ANEXO 1

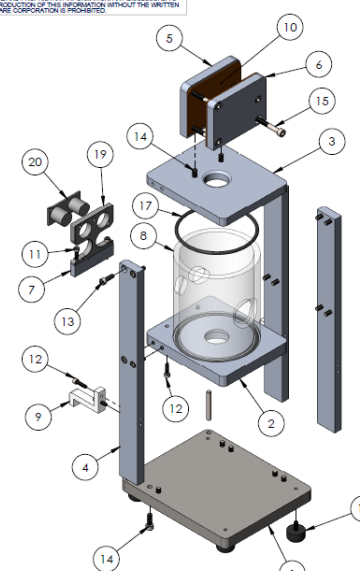
ENTREVISTAS

Entrevistadores	Area	Cual es su punto de vista del impacto que tiene el proyecto?	Es factible llevar a cabo el proyecto, indique porque?	Considera que un sistema automatizado para la remoción de partículas metálicas en la parte principal de las unidades metálicas cada operación?	Considera que un sistema automatizado para la remoción de partículas metálicas en la parte principal de las unidades metálicas facilitará el tiempo de ejecución eliminando controles?	Cuales serían las principales preocupaciones con respecto al proyecto?
Jesús Guadalupe	CALIDAD	Beneficioso al mejorar el proceso y disminuir el impacto causado por este problema.	Claro, ya que no tendríamos tantos problemas por partículas metálicas y se reduciría el tiempo de fideado a esta tarea así como también el scrap.	Si, considerando que actualmente la manera en la cual se realiza es muy manual y al automatizar el proceso por medio de aire ionizado es una variable que se considera acta para el proceso.	Si, ya que podría ser menor la cantidad de retrabajos originados por esta circunstancia, evitando así tareas repetitivas y tediosas para la remoción de estas.	Tiempo de implementación y Comodidad del mismo. Efectividad en la mesa de producción, que se adapte
Dayana Barrios	L6	Positivo ya que nos evitaría limpiar las piezas tantas veces. Actualmente 4 etapas de proceso existen muchos re trabajos relacionados al tema de partículas.	Si, ya que nos ahorraría tiempo y nos facilitaría el trabajo.	Claro que si ya que a veces las partículas están muy escondidas o difíciles de remover.	Si, se ahorra un poco de tiempo	Que sea efectiva y renueve el 100% de las partículas.
Guiselle	L6	Tiempo de la ejecución.	Si para la disminución de Partículas. Disminución de desechos a las unidades sería menor.	Si el aire ionizado es una variable importante para remover partículas, además de que la manipulación a las unidades sería de pasar de remover a una variable como el aire ionizado para remover las partículas en las unidades	si el proceso los retrabajos por este tipo de defectos son considerables, eliminando los controles adicionales ayudaría a que el nivel de la producción aumente	Duración de ejecución del sistema
Reyner Palacios	L6	Disminución de unidades desechadas por medio de partículas	Si, porque puede incluirse en un paso de sup assy antes que se ensamblé.	Si, porque así el operario se enfocaría más en la calidad y menos en defectos por partículas.	eliminación de pasos en las instrucciones de trabajo, retrabajos en las unidades	Duración de ejecución del sistema
Shalyn	L6	metricas de producto semanal. Unidades buenas vesus unidades malas.	Esperemos lo sea ya que es un problema del cual se ha hablado desde hace tiempo pero hay mejoras considerables.	Sería de gran utilidad, ya que se evitaría el estar limpiando y se aseguraría de que estas vayan sin fibras metálicas.	utilización utilizando menos fuerza y menos movimientos del giro de la muneca.	Que en lugar de mejorar haga el procedimiento mas complejo.
Kalejan León	L6	Positivo enfoque de automatización en el proceso.	Se aprueba bajo validación, porque se trabaja en equipo y abiertos al cambio.	Si, pero no solo hacerlo después de corte, también antes de termo para que se eliminen las partículas y puede ser un problema de las unidades	se acoplaría en la línea de producción que se pretenda que cada pieza este dentro del sistema.	Producción. Soporte por personal capacitado y no un haga así y listo.
Melany Villalobos	L6	Positivo, ya que es un problema que dificulta el proceso y se necesita algún recurso como solución.	Si es factible, siempre y cuando se unifiquen los criterios en ambos turnos.	Si, ya que se reduciría el paso de tener modalidad muy variable ya que por medio del trabajo manual de los operarios no se ha logrado erradicar el problema de las unidades	Por supuesto, se podría utilizar el tiempo y el espacio de mejor manera.	Duración de ejecución del sistema
Angélica	L6	Creo que sería una mejora para tratar de disminuir virutas.	Si, para mi parecer ayudaría a eliminar la cantidad de partículas metálicas y disminuir la cantidad de scrap en este tema.	Si, disminuirá la cantidad de scrap que se genera por partículas metálicas.	Facilitaría el uso y eliminaría bastante la cantidad en el tiempo de ejecución y en cuanto al espacio depende del tamaño de dicha máquina.	La falta de coordinación entre operarios, ingeniería y calidad.
Rony Okundo	L6	Que se evite pérdida de tiempo.	Si, porque solo probando algunos fixtures se ve si sirve o no.	Puede si.	Espacio no se sabe porque no tenemos mucho.	Que no ayude mucho o que que no se haga que siempre bien y se tenga que hacer manualmente.
María V.	L6	Tiempo en el proceso.	Se puede intentar probando mas rapido.	No.	Podría ahorrar un paso pero habría que observar que tanto dura este nuevo proceso. Habría que probar.	Si el dispositivo falla, se reemplazara de forma rápida. Dar la producción.
Virginia Gomez M	L6	Me parece bien tendría que probar en el momento para dar mi opinión.	Parece que el proceso sería mas rapido.	Si	Podría ser siempre y cuando se sepa usar.	Se tendría que ver en función.
Christian	L6	Siento que se tendría que ver el dispositivo en función para saber de manera acertada si va a ayudar o va a tener contras.	Si, se necesita de manera urgente encontrar una solución a las virutas.	Si, claro ya que se automatiza un proceso.	Si, claro ya que se automatiza un proceso.	Que no sirva. Que lo bajen a piso de una vez sin testearlo con operarios.
Stephanie B. V	L6	Positivo	Si ya que facilitaría y ahorra en los costos, y sería mas accesible al operario.	Si.	Si.	Falta de coordinación entre operarios con respecto al uso de el sistema.
Nadia	L6	Si la implementación del aparato removerdor de virutas es funcional 100% pues es bueno ya que evitaría bastante scrap y puede que se agilice el procedimiento.	Depende, si elimina partículas al 90 / 100 % si pues el scrap bajaría.	No se como una máquina o aparato va a mejorar mi ergonomía, debería estar diseñada para funcionar con respecto a las demás maquinarias con la que dependemos en la línea.	Tendría que ver el funcionamiento, dependiendo de como se use y su factibilidad podría responder mejor.	Espacio de equipo, Tiempo y Funcionalidad.
Stephanie Morera	L6	Esta bueno porque las partículas se eliminarían	Ayuda al proceso y mejora la calidad.	Dependiendo de como este diseñado el equipo.	Si porque reducirá el espacio de la celda.	Tiempo que se lleve el procedimiento.
Marque Quiros C	L6		Si, porque actualmente se limpian con servilletas y no son eficientes al 100%.	Si.	Si.	Que el proceso de producción sea mas lento.
Jhoan Reyes R	L6	Creo que si tendrá un impacto ya que tendría un poco al proceso en dicha celda pero de igual forma el beneficio que tiene el agente y satisfactorio para otras celdas.	Claro que si sería conveniente llevar a cabo el proyecto ya que de esta manera se evitarían muchos problemas.	Si, considero que este sistema ayude ya que las partículas e impurezas son causadas de re trabajos y problemas. Solo de ejecución y espacio.	Yo considero que esta parte no la determinara hasta que se haga dicha validación de esta máquina ya que de esta forma determinaran el tiempo de ejecución y espacio.	Podría ser que dicha máquina no siga el curso que debe ya que el proyecto es de suma importancia, se evitarían muchos re trabajos y problemas en el proceso.
Muren	L6	Si logra eliminar las partículas ser un impacto muy bueno ya que algunas son difíciles de ver y eliminar procesos	Si, ya que ayudará a eliminar virutas metálicas.	Si.	Solo si se cambia el procedimiento como estaba antes con el return de la pieza sin fixture.	Que no funcione y agregue un paso adicional.
Henry	L6	Encasa que funcione podría bajar la cantidad de scrap por partículas metálicas, pero solo en caso de que funcione.	Si es factible o no eso depende de la empresa y de las personas encargadas del proyecto.	Probablemente si, o probablemente no, para comprobar esto es necesario tener el equipo y realizar las operaciones para comprobarlo.	No sabría decirlo sin conocer el aparato en cuestión, puede ser que ocupe mucho espacio o no, y depende de la cantidad de piezas que soporte de ahí se podría decir si llevaría menos tiempo o no.	Tiempo y cantidad de producción por hora, la comodidad y que no vaya a causar problemas a las personas y que no llegase a funcionar y se aumenten las unidades.
Maria Carvajal O.	L6	A mi parecer es un buen proyecto porque ayuda a agilizar el proceso en celda 3.	Si, porque este proyecto es para mayor ayuda tanto del operario como del dispositivo.	A mi parecer si, porque renueva partículas que posiblemente para el ojo humano sean imposibles de detectar.	Si ayuda en el tiempo de ejecución y facilita el uso pero el espacio podría variar dependiendo del tamaño del sistema.	El tiempo de remover partículas entre pieza y pieza y si esto atravesaría los demás procesos de la operación.

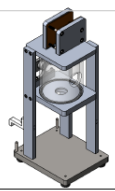
ANEXO 2

PLANO DEL PROYECTO

THIS DOCUMENT IS THE SOLE PROPERTY OF ARTHROCARE CORPORATION AND CONTAINS CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY INFORMATION. ANY DISCLOSURE TO THIRD PARTIES OR REPRODUCTION OF THIS INFORMATION WITHOUT THE WRITTEN CONSENT OF ARTHROCARE CORPORATION IS PROHIBITED.



REV	ECN	REVISION HISTORY DESCRIPTION	DATE
1	60683	RELEASED PER ECN	XX/XXX/XX



ITEM NO.	QTY.	PART NUMBER	DESCRIPTION	MATERIAL	VENDOR
1	1	-	BASE	STAINLESS STEEL	-
2	1	-	ENCLOSURE BASE	ALUMINUM ALLOY	-
3	1	-	ENCLOSURE TOP	ALUMINUM ALLOY	-
4	3	-	SIDE SUPPORT	ALUMINUM ALLOY	-
5	1	-	AIR GUN SUPPORT	ALUMINUM ALLOY	-
6	1	-	AIR GUN CLAMP	ALUMINUM ALLOY	-
7	1	-	SENSOR BRACKET SUPPORT	ALUMINUM ALLOY	-
8	1	-	ENCLOSURE COVER	CLEAR ACRYLIC OR POLYCARBONATE	-
9	2	-	BOX CLAMP	DELIN OR ERTALYTE	-
10	2	5787T61	SILICONE RUBBER ADHESIVE SHEET, 1/16" THICK	RUBBER	McMASTER
11	2	92196A146	SHCS #6-32 X 3/8" L	STAINLESS STEEL	McMASTER
12	6	92196A148	SHCS #6-32 X 1/2" L	STAINLESS STEEL	McMASTER
13	12	92196A194	SHCS #8-32 X 1/2" L	STAINLESS STEEL	McMASTER
14	8	92196A269	SHCS #10-32 X 1/2" L	STAINLESS STEEL	McMASTER
15	4	92196A277	SHCS #10-32 X 1-1/2" L	STAINLESS STEEL	McMASTER
16	2	90145A513	DOWEL PIN 3/16" DIA X 1-3/8" L	STAINLESS STEEL	-
17	2	9394K224	O-RING 3-3/8" OD X 3-1/8" ID	SILICONE	McMASTER
18	4	9541K200	BUMPER WITH THREADED STUD, #8-32 THREAD	RUBBER	McMASTER
19	1	725-28015	PROTECTOR STAND	ALUMINUM ALLOY	PARALLAX
20	1	28015	ULTRASONIC DISTANCE SENSOR	-	PARALLAX

NOTES: UNLESS OTHERWISE SPECIFIED

- INTERPRET PER ASME Y14.5:2009. DIMENSIONS IN INCHES.
- REMOVE ALL EXPOSED SHARP CORNERS, .03" MAX.
- FIRST ARTICLE ACCEPTANCE INSPECTION: NOT REQUIRED.
- CALIBRATION INSPECTIONS: NONE.
- PREVENTIVE MAINTENANCE (PM): NONE.

UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN INCHES. TOLERANCES ARE:
 FRACTIONS: DECIMALS: ANGLES:
 ± 1/16 .XXX ± .01 .XXX ± .01
 .XXX ± .005 .XXX ± .005

THIRD ANGLE PROJECTION

APPROVALS ARE MAINTAINED IN AGILE. **ArthroCare**

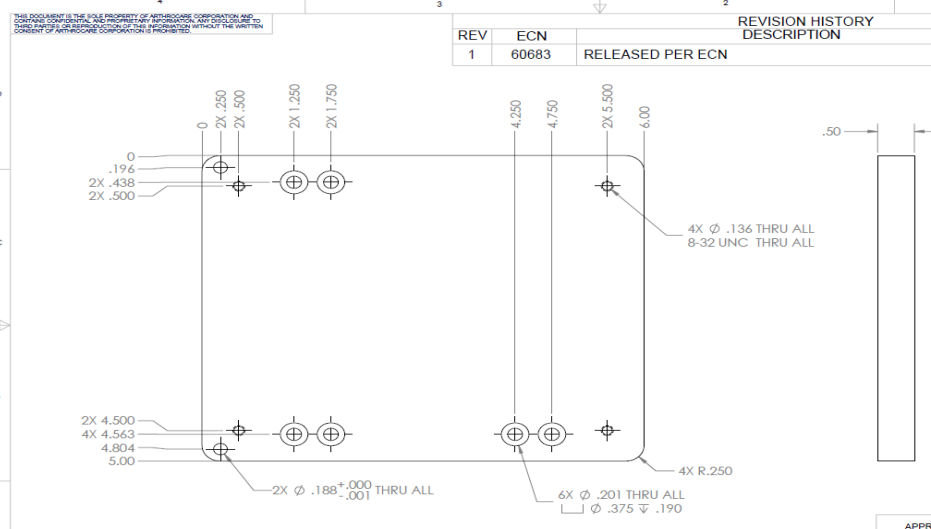
TITLE: **IO BLOWING & VACUUM CHAMBER FIXTURE**

SIZE: DWG NO. **B** 81511 REV **1**

SCALE: 1:3 81511_L SHEET 1 OF 7

THIS DOCUMENT IS THE SOLE PROPERTY OF ARTHROCARE CORPORATION AND CONTAINS CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY INFORMATION. ANY DISCLOSURE TO THIRD PARTIES OR REPRODUCTION OF THIS INFORMATION WITHOUT THE WRITTEN CONSENT OF ARTHROCARE CORPORATION IS PROHIBITED.

REV	ECN	REVISION HISTORY DESCRIPTION	DATE
1	60683	RELEASED PER ECN	XX/XXX/XX



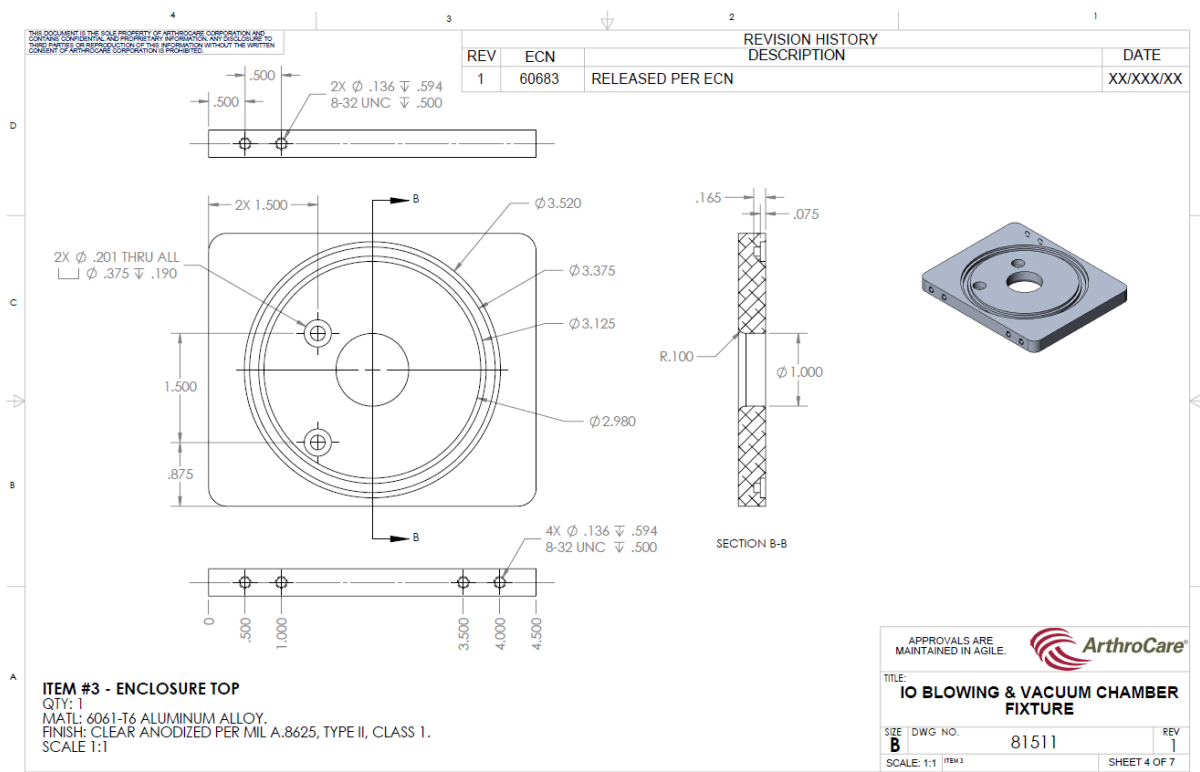
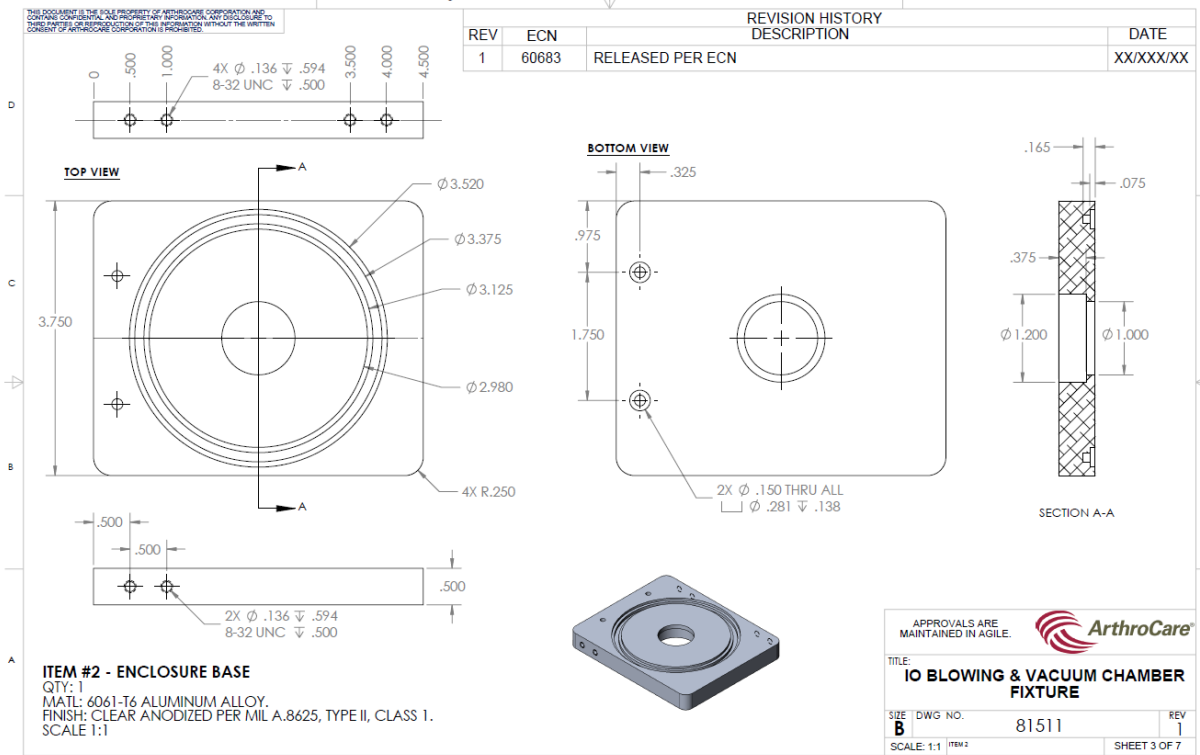
ITEM #1 - BASE
 QTY: 1
 MATL: 300 SERIES STAINLESS STEEL
 FINISH: NONE
 SCALE 1:1

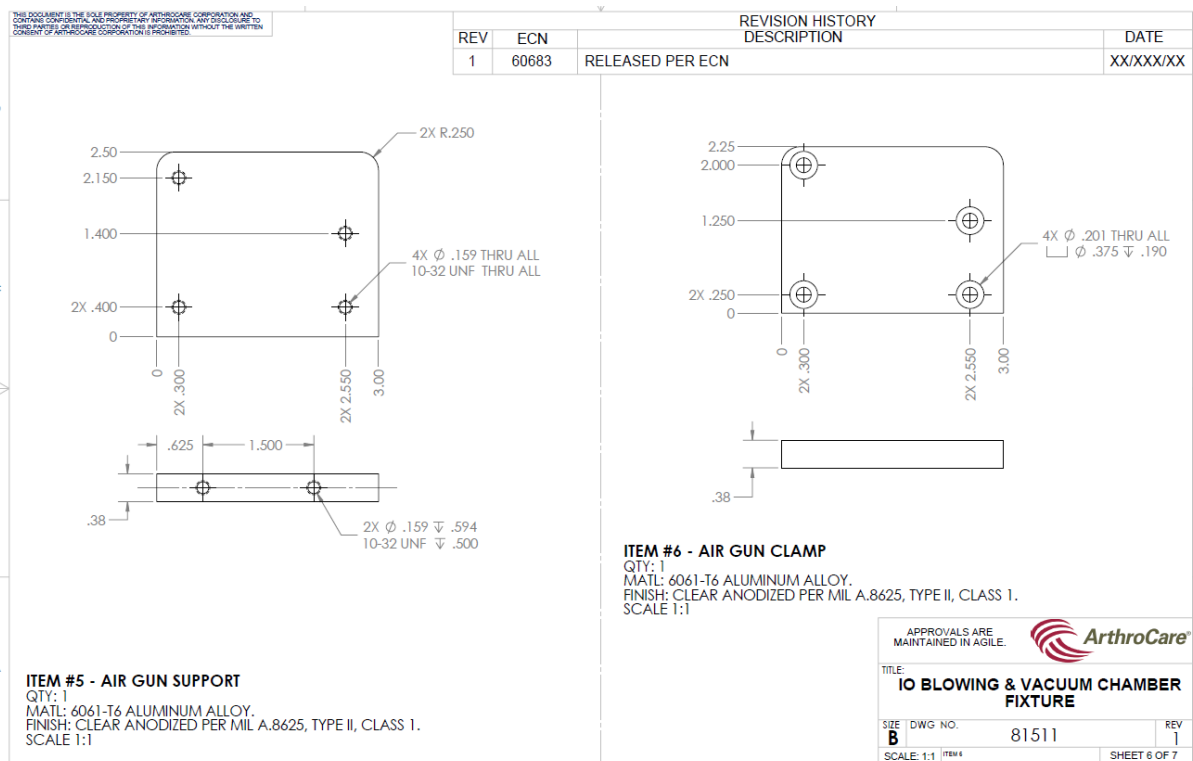
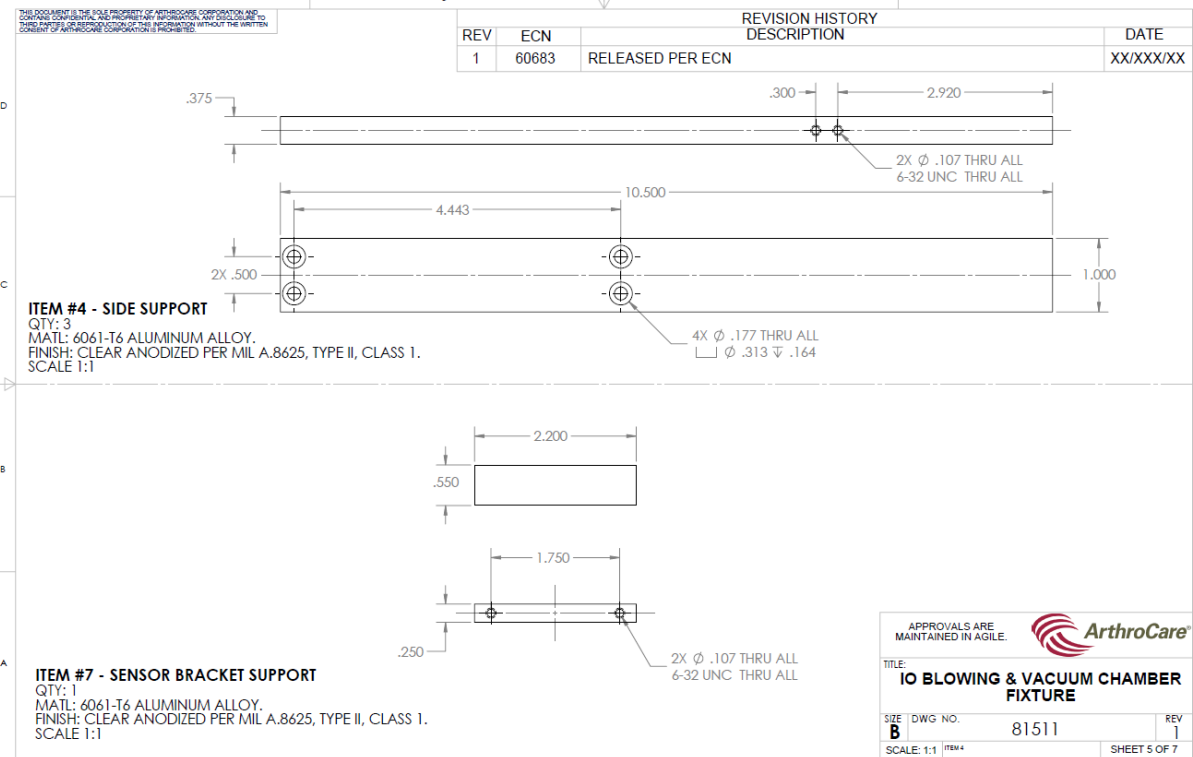
APPROVALS ARE MAINTAINED IN AGILE. **ArthroCare**

TITLE: **IO BLOWING & VACUUM CHAMBER FIXTURE**

SIZE: DWG NO. **B** 81511 REV **1**

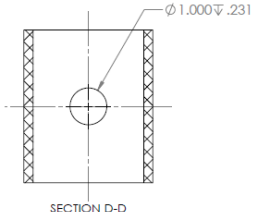
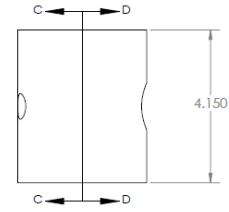
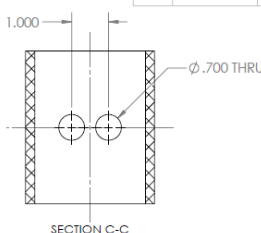
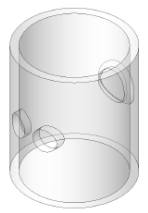
SCALE: 1:1 ITEM 1 SHEET 2 OF 7



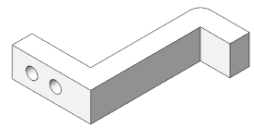
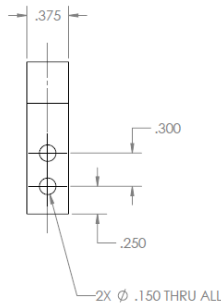
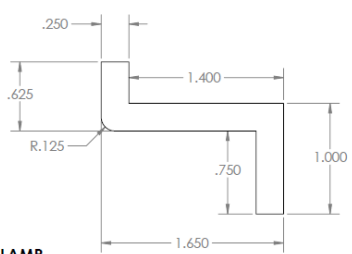


THIS DOCUMENT IS THE SOLE PROPERTY OF ARTHROCARE CORPORATION AND CONTAINS CONFIDENTIAL AND PROPRIETARY INFORMATION. ANY DISCLOSURE TO THIRD PARTIES OR REPRODUCTION OF THIS INFORMATION WITHOUT THE WRITTEN CONSENT OF ARTHROCARE CORPORATION IS PROHIBITED.

REVISION HISTORY			DATE
REV	ECN	DESCRIPTION	
1	60683	RELEASED PER ECN	XX/XXX/XX



ITEM #8 - ENCLOSURE COVER
 QTY: 1
 MATL: CLEAR POLYCARBONATE OR ACRYLIC,
 USE MCMMASTER MATERIAL REFERENCE P/N 8583K74.
 FINISH: NONE.
 SCALE 1:1



ITEM #9 - BOX CLAMP
 QTY: 2
 MATL: DELRIN OR ERTALYTE.
 FINISH: NONE.
 SCALE 3:2

APPROVALS ARE MAINTAINED IN AGILE.

TITLE:
IO BLOWING & VACUUM CHAMBER FIXTURE

SIZE DWG NO.	81511	REV	1
SCALE: 1:2 ITEM#		SHEET 7 OF 7	

ANEXO 3

OMEGA SUPREME QUIET VACUUM DATASHEET

Omega Vac Supreme

(MODELS VACOMEGAS, VACOMEGASCT & VACOMEGAS220)

TWO FILTRATION OPTIONS

STANDARD FILTER WITH A 0.3 MICRON RETENTION - Ideal for soot, pollen, black toner and most color toner. (VACOMEGAS)

HEPA FILTER WITH A 0.12 MICRON RETENTION - For fumes, atmospheric dust, and all color toner. (VACOMEGASCT)

SHOULDER STRAP - For portability!

ESD SAFE - Conductive construction provides maximum static protection to safeguard the operator and sensitive electronic components.



SELF STORAGE COMPARTMENT - All accessories store conveniently under the plastic cover insert.

TONER-PROOF 6' HOSE - Provides continual operation with no clogging.

FLEXIBLE GOOSE-NECK - To get to those hard-to-reach places!

CREVICE TOOL & CREVICE TOOL BRUSH - To loosen dust and toner particles in tight areas.

SPECIFICATIONS:

Omega Supreme 120 Volt - VACOMEGAS
Omega Supreme 120 Volt (HEPA) - VACOMEGASCT
Omega Supreme 240 Volt - VACOMEGAS220

DIMENSIONS: LENGTH: 19 1/4"
WIDTH: 7 3/8"
HEIGHT: 9 5/16"
WEIGHT: 11.5 LBS.

120 VOLT MOTOR: 1.2 PHP, 6.67 AMPS,
771 WATTS, 60 HZ

240 VOLT MOTOR: 1.2 PHP, 3.3 AMPS,
775 WATTS, 60 HZ

CERTIFICATION: Omega Supreme 120 Volt:
UL & CSA APPROVED

Omega Supreme 240 Volt:
CE & TUV APPROVED

18 MONTH LIMITED WARRANTY

The *Omega Vac Supreme* features a quiet flow-through motor and sound baffles to make it the quietest toner vacuum on the market today. It's made from a durable, high-impact styrene construction for durability and long life. It comes complete with all accessories listed above, which are statically conductive for maximum static protection, and a shoulder strap. It also features over-heat protection and field replaceable latches.

Omega Supreme MODELS

PART NUMBER

OMEGA VAC SUPREME WITH STANDARD .3 MICRON FILTER (120 v) **VACOMEGAS**
OMEGA VAC SUPREME WITH HEPA .12 MICRON FILTER (120 v) **VACOMEGASCT**
OMEGA VAC SUPREME WITH STANDARD .3 MICRON FILTER (240 v) **VACOMEGAS220**

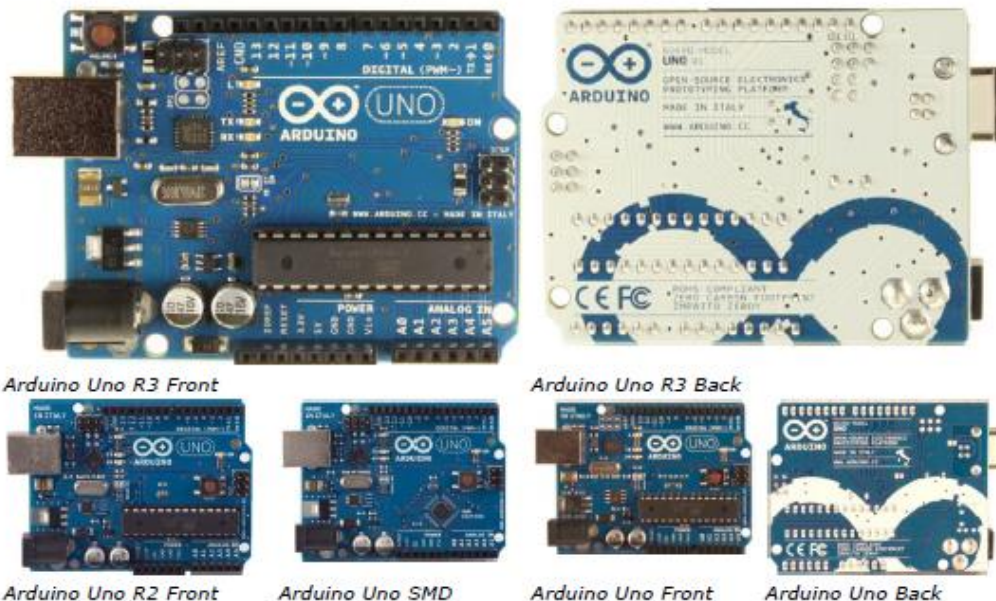
Omega Supreme REPLACEMENT PARTS (FOR ALL MODELS)

Vacuum Hose	31661
Power Cord	31651
Crevice Tool	31654
Crevice Tool Brush	31652
16" Rubber Flex Neck	31657
Standard Filter (.3 Micron Retention)	31700
HEPA Filter (.12 Micron Retention)	OF612HE
Shoulder Strap	AVPA016

ANEXO 4

ARDUINO UNO

Arduino Uno



Arduino Uno R3 Front

Arduino Uno R3 Back

Arduino Uno R2 Front

Arduino Uno SMD

Arduino Uno Front

Arduino Uno Back

Overview

The Arduino Uno is a microcontroller board based on the ATmega328 ([datasheet](#)). It has 14 digital input/output pins (of which 6 can be used as PWM outputs), 6 analog inputs, a 16 MHz ceramic resonator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started.

The Uno differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega16U2 (Atmega8U2 up to version R2) programmed as a USB-to-serial converter.

[Revision 2](#) of the Uno board has a resistor pulling the 8U2 HWB line to ground, making it easier to put into [DFU mode](#).

[Revision 3](#) of the board has the following new features:

- 1.0 pinout: added SDA and SCL pins that are near to the AREF pin and two other new pins placed near to the RESET pin, the IOREF that allow the shields to adapt to the voltage provided from the board. In future, shields will be compatible both with the board that use the AVR, which operate with 5V and with the Arduino Due that operate with 3.3V. The second one is a not connected pin, that is reserved for future purposes.
- Stronger RESET circuit.
- Atmega 16U2 replace the 8U2.

"Uno" means one in Italian and is named to mark the upcoming release of Arduino 1.0. The Uno and version 1.0 will be the reference versions of Arduino, moving forward. The Uno is the latest in a series of USB Arduino boards, and the reference model for the Arduino platform; for a comparison with previous versions, see the [index of Arduino boards](#).

Summary

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V

Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

Schematic & Reference Design

EAGLE files: [arduino-uno-Rev3-reference-design.zip](#) (NOTE: works with Eagle 6.0 and newer)

Schematic: [arduino-uno-Rev3-schematic.pdf](#)

Note: The Arduino reference design can use an Atmega8, 168, or 328, Current models use an ATmega328, but an Atmega8 is shown in the schematic for reference. The pin configuration is identical on all three processors.

Power

The Arduino Uno can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** This pin outputs a regulated 5V from the regulator on the board. The board can be supplied with power either from the DC power jack (7 - 12V), the USB connector (5V), or the VIN pin of the board (7-12V). Supplying voltage via the 5V or 3.3V pins bypasses the regulator, and can damage your board. We don't advise it.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

Memory

The ATmega328 has 32 KB (with 0.5 KB used for the bootloader). It also has 2 KB of SRAM and 1 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

Input and Output

Each of the 14 digital pins on the Uno can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. These pins are connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 and 3.** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM: 3, 5, 6, 9, 10, and 11.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.

- **SPI: 10 (SS), 11 (MOSI), 12 (MISO), 13 (SCK).** These pins support SPI communication using the [SPI library](#).
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.

The Uno has 6 analog inputs, labeled A0 through A5, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the AREF pin and the [analogReference\(\)](#) function. Additionally, some pins have specialized functionality:

- **TWI: A4 or SDA pin and A5 or SCL pin.** Support TWI communication using the [Wire library](#).

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with [analogReference\(\)](#).
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

See also the [mapping between Arduino pins and ATmega328 ports](#). The mapping for the Atmega8, 168, and 328 is identical.

Communication

The Arduino Uno has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega328 provides UART TTL (5V) serial communication, which is available on digital pins 0 (RX) and 1 (TX). An ATmega16U2 on the board channels this serial communication over USB and appears as a virtual com port to software on the computer. The '16U2 firmware uses the standard USB COM drivers, and no external driver is needed. However, [on Windows, a .inf file is required](#). The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the Arduino board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the USB-to-serial chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Uno's digital pins.

The ATmega328 also supports I2C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a Wire library to simplify use of the I2C bus; see the [documentation](#) for details. For SPI communication, use the [SPI library](#).

Programming

The Arduino Uno can be programmed with the Arduino software ([download](#)). Select "Arduino Uno from the **Tools > Board** menu (according to the microcontroller on your board). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega328 on the Arduino Uno comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It communicates using the original STK500 protocol ([reference](#), [C header files](#)).

You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.

The ATmega16U2 (or 8U2 in the rev1 and rev2 boards) firmware source code is available. The ATmega16U2/8U2 is loaded with a DFU bootloader, which can be activated by:

- On Rev1 boards: connecting the solder jumper on the back of the board (near the map of Italy) and then resetting the 8U2.
- On Rev2 or later boards: there is a resistor that pulling the 8U2/16U2 HWB line to ground, making it easier to put into DFU mode.

You can then use [Atmel's FLIP software](#) (Windows) or the [DFU programmer](#) (Mac OS X and Linux) to load a new firmware. Or you can use the ISP header with an external programmer (overwriting the DFU bootloader). See [this user-contributed tutorial](#) for more information.

Automatic (Software) Reset

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Uno is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2/16U2 is connected to the reset line of the ATmega328 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload. This setup has other implications. When the Uno is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Uno. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data. The Uno contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see [this forum thread](#) for details.

USB Overcurrent Protection

The Arduino Uno has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

Physical Characteristics

The maximum length and width of the Uno PCB are 2.7 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Four screw holes allow the board to be attached to a surface or case. Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 160 mil (0.16"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins.

ANEXO 5

SENSOR ULTRASONICO

Chapter #1: Detect Distance with the Ping)))TM Ultrasonic Sensor

WHAT IS THE PING))) SENSOR?

The Ping))) sensor is a device you can use with the BASIC Stamp to measure how far away an object is. With a range of 3 centimeters to 3.3 meters, it's a shoe-in for any number of robotics and automation projects. It's also remarkably accurate, easily detecting an object's distance down to the half centimeter.



Figure 1
The Ping))) Sensor

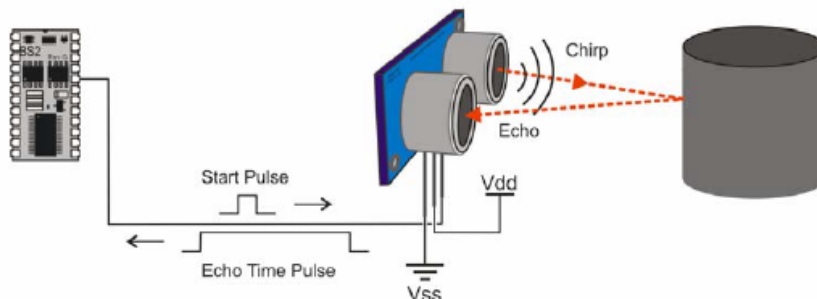
HOW DOES THE PING))) SENSOR WORK?

Figure 2 shows how the Ping))) sensor sends a brief chirp with its ultrasonic speaker and makes it possible for the BASIC Stamp to measure the time it takes the echo to return to its ultrasonic microphone. The BASIC Stamp starts by sending the Ping))) sensor a pulse to start the measurement. Then, the Ping))) sensor waits long enough for the BASIC Stamp program to start a PULSIN command. At the same time the Ping))) sensor chirps its 40 kHz tone, it sends a high signal to the BASIC Stamp. When the Ping))) sensor detects the echo with its ultrasonic microphone, it changes that high signal back to low. The BASIC Stamp's PULSIN command stores how long the high signal from the Ping))) sensor lasted in a variable. The time measurement is how long it took sound to travel to the object and back. With this measurement, you can then use the speed of sound in air to make your program calculate the object's distance in centimeters, inches, feet, etc...

The draft material in this Chapter is part of a forthcoming Stamps in Class text by Andy Lindsay.

(c) 2005 by Parallax Inc - all rights reserved.

Figure 2 - How the Ping))) Sensor Works



The Ping))) sensor's chirps are not audible because 40 kHz is ultrasonic.

What we consider sound is our inner ear's ability to detect the variations in air pressure caused by vibration. The rate of these variations determines the pitch of the tone. Higher frequency tones result in higher pitch sounds and lower frequency tones result in lower pitch tones.

Most people can hear tones that range from 20 Hz, which is very low pitch, to 20 kHz, which is very high pitch. Subsonic is sound with frequencies below 20 Hz, and ultrasonic is sound with frequencies above 20 kHz. Since the Ping))) sensor's chirps are at 40 kHz, they are definitely ultrasonic, and not audible.

ACTIVITY #1: MEASURING ECHO TIME

In this activity, you will test the Ping))) sensor and verify that it gives you echo time measurements that correspond to an object's distance. You will also modify the example program to convert these times into centimeter measurements.

Parts Required

All you'll need is a Ping))) sensor and three jumper wires to make it work. The Ping))) sensor has protection against programming mistakes (and wiring mistakes) built-in, so there's no need to use a 220 Ω resistor between P15 and the Ping))) sensor's SIG terminal.

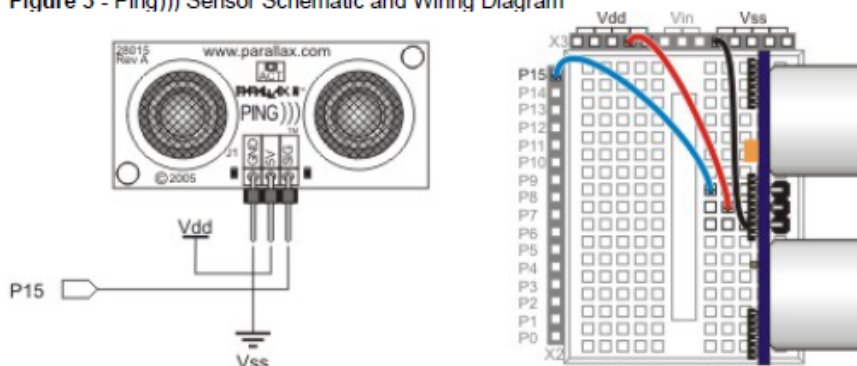
- (1) [Ping\)\)\) Ultrasonic Distance Sensor](#)
- (3) [Jumper Wires](#)

Ping))) Sensor Circuit

Figure 3 shows a schematic and wiring diagram you can use to test the Ping))) sensor.

√ Build the circuit.

Figure 3 - Ping))) Sensor Schematic and Wiring Diagram



Testing the Ping))) Sensor

As mentioned earlier, the Ping))) sensor needs a start pulse from the BASIC Stamp to start its measurement. A pulse to P15 that lasts $10\ \mu\text{s}$ (`PULSOUT 15, 5`) is easily detected by the Ping))) sensor, and it only takes a small amount of time for the BASIC Stamp to send. A `PULSIN` command that stores the duration of the Ping))) sensor's echo pulse has to come immediately after the `PULSOUT` command. The result the `PULSIN` command stores is the round trip time for the Ping))) sensor's chirp to get to the object, reflect and return.

Example Program - PingTest.bs2

You can test this next program by measuring the distances of a few close-up objects. For close up measurements, the Ping))) sensor only needs to be roughly Boe-Bot height above your working surface (8 to 10 cm). However, if you are measuring objects that are more than a half a meter away, make sure to keep your Ping))) sensor about half a meter or more above the floor.

√ Place your Board of Education with the Ping))) sensor circuit on something to keep it at least 8 cm above the table surface.

1

- ✓ Place an object (like a water bottle, box, or paper target) 15 cm from the front of the Ping))) sensor.
- ✓ Enter, save, and run PingTest.bs2.
- ✓ The Debug Terminal should start reporting a value in the neighborhood of 450. Values of 438 to 466 mean the distance is between 15 and 16 cm.
- ✓ Move the target to a distance of 30 cm from the Ping))) sensor and verify that the value of the `time` variable doubled.
- ✓ Point your Ping))) sensor at a variety of near and far objects and observe the time measurements.
- ✓ Multiply your measurements by 0.03434 to convert to centimeter measurements, and verify that the measurements are correct.

```

' PingTest.bs2
'
' {#STAMP BS2}
' {#PBASIC 2.5}

time VAR Word

DO

  PULSOUT 15, 5
  PULSIN 15, 1, time
  DEBUG HOME, "time = ", DEC5 time
  PAUSE 100

LOOP

```

Your Turn - Displaying Centimeter Measurements

The next activity will introduce how to derive constants like 0.03434 for converting the echo time measurements to centimeters and other units. But first, let's look at how the PBASIC `**` operator makes it possible to multiply the `time` variable by a value like 0.03434. To convert 0.03434 to a value the `**` operator can use, multiply it by 65536, and use whatever's to the left of the decimal point. Since $0.03434 \times 65536 = 2250.5$, we'll use 2251 with the `**` operator for the time to centimeter conversion. Here's the conversion statement with the constant we just figured along with a `DEBUG` command to display the centimeter value.

```

time = time ** 2251
DEBUG CR, "Distance = ", DEC4 time, " cm"

```

1

- ✓ Save PingTest.bs2 as PingCentimeters.bs2.
- ✓ Add the two new lines of code to the program's `DO...LOOP` between the `DEBUG` and `PAUSE` commands. When you're done, the `DO...LOOP` should look like this:

```

DO

  PULSOUT 15, 5
  PULSIN 15, 1, time
  DEBUG HOME, "time = ", DEC5 time
  time = time ** 2251
  DEBUG CR, "Distance = ", DEC4 time, " cm"
  PAUSE 100

LOOP

```

- ✓ Run your modified program and verify that the program correctly displays both the echo time and centimeter measurements.

ANEXO 6

PISTOLA DE AIRE IONIZADO

Ionized Air Gun

Ionizers



NEW

The 3M™ 980/980E Ionized Air Gun is an excellent tool for blowing particulate contamination off of any surface. It releases a balanced stream of compressed ionized air that neutralizes the static charge that can hold particulates to a surface. The loose particles can then be easily blown away. Patented technology ensures balanced ionization for consistent control of surface charges. The 980 never needs adjustment and requires very little maintenance.



980 Ionized Air Gun

The 3M 980 air gun is a multi-component device that consists of a hand unit, an air hose and a mounting console. Compact and lightweight, the console for the 980 can be mounted anywhere on the workstation for easy access. It connects to any supply of clean, dry air or nitrogen, and an internal disposable filter collects particles from the air supply. The low-voltage electrical feed from the console to the hand unit is incorporated into the 7 ft. (2,1 m) light, flexible air hose. The gun itself is very lightweight and ergonomically designed for long-term user comfort and efficient operation. The console, gun and air hose are all made of static-dissipative, ESD-safe materials.

The 3M 980 air gun operates from 100/120 AC power; the 980E is a 230V version for European use.

Product No.	Description
980	Ionized Air Gun AC 100/120V 50/60 Hz
	Size, in. (cm)
	<u>Hand unit</u> 8.0 x 3.0 x 1.0 (20,3 x 7,6 x 2,5)
	Construction Dissipative rigid polycarbonate
	Weight 12.0 oz (341 g) with 7 ft. air hose
	Emitter points Tungsten alloy
	<u>Air Hose</u>
	Construction Dissipative flexible polyurethane
	Size 7 ft. long, 0.38" OD
	Filter efficiency 99.9% for 0.1 micron particle size
	<u>Console</u> 8.5 x 3.0 x 1.6 (21,6 x 7,6 x 4,1)
980E	Ionized Air Gun – European version AC 230V ~ 50/60 Hz
	Size, in. (cm)
	<u>Hand unit</u> 8.0 x 3.0 x 1.0 (20,3 x 7,6 x 2,5)
	<u>Console</u> 8.5 x 3.0 x 1.6 (21,6 x 7,6 x 4,1)

Product No.	Description
Accessories	
980G	Flexible "gooseneck" Mounting Stand
980S	Foot Switch
980F	Replacement Air Filters (4 pack of 3)
980T	Replacement Nozzle Tip
980X	Replacement Wall Transformer, 120V
980E-X	Replacement Wall Transformer, 230V

ANEXO 7

CODIGO PROGRAMACION PLATAFORMA ARDUINO

```
const int pingPin = 7;
```

```
// Definimos los pines que vamos a usar
```

```
#define gun 8
```

```
#define vac 12
```

```
Void setup ()
```

```
{
```

```
  // initialize serial communication:
```

```
  Serial.begin (9600);
```

```
  pinMode (vac, OUTPUT);
```

```
  pinMode (gun, OUTPUT);
```

```
  Pin;
```

```
}
```

```
Void loop ()
```

```
{
```

```
  // establish variables for duration of the ping,
```

```
  // and the distance result in inches and centimeters:
```

```
  Long duration, cm;
```

```
  // The PING))) is triggered by a HIGH pulse of 2 or more microseconds.
```

```
// Give a short LOW pulse beforehand to ensure a clean HIGH pulse:
pinMode(pingPin, OUTPUT);
digitalWrite(pingPin, LOW);
delayMicroseconds(2);
digitalWrite(pingPin, HIGH);
delayMicroseconds(5);
digitalWrite(pingPin, LOW);

// The same pin is used to read the signal from the PING))) a HIGH
// pulse whose duration is the time (in microseconds) from the sending
// of the ping to the reception of its echo off of an object.
pinMode(pingPin, INPUT);
duration = pulseIn(pingPin, HIGH);

// convert the time into a distance
cm = microsecondsToCentimeters(duration);

Serial.print(cm);
Serial.print("cm");
Serial.println();

//Digital Outputs Vac and Gun activation

if (cm < 8)           //Activation Distance
{
```

```
digitalWrite(vac, HIGH); //Vacuum Activation
delay(500);           //Vacuum turns on 0.5 s before IO gun.
digitalWrite(gun, HIGH); //IO Gun Activation
delay (2000);        //DWELL 2 seconds
digitalWrite(gun, LOW); //Turns OFF IO Gun after 2seconds
delay (1000);        //Vacuum turns off 1s after IO gun.
digitalWrite(vac, LOW); //Turns Vacuum OFF after 1 more seconds
}
if (cm > 7) {        //Deactivation Distance
    digitalWrite(gun, LOW);
    digitalWrite(vac, LOW);
}
delay(500);          //Delay of the routine
}
long microsecondsToCentimeters(long microseconds)
{
    // The speed of sound is 340 m/s or 29 microseconds per centimeter.
    // The ping travels out and back, so to find the distance of the
    // object we take half of the distance travelled.
    return microseconds / 29 / 2;
}
```

ANEXO 8

CODIGO DE PROGRAMACION CNC

%

O0001

(P/N = - ITEM #1 - P1)

(ORIGEN = ESQUINA SUPERIOR IZQUIERDA)

(-----TOOL LIST-----)

(T20 =DM6G-20R01 - H =)

(T03 =ROUGHING ENDMILL 1/2" - 3F - H =)

(T14 =ENDMILL 1/2- 3F - H =)

(T01 =SPOT DRILL 3/8" - H =)

(T16 =DRILL #29 - 0.136" / COBALT - H =)

(T17 =DRILL #7 - 0.201" / COBALT - H =)

(T18 =END MILL 3/8" 3F - H =)

(T19 =DRILL 3/16" - 0.1875" / COBALT)

(T04 =CHAMFER MILL 3/8" X 90 DEG / 0.075" TIP - H =)

(-----TOOL LIST-----)

(DM6G-20R01)

G00 G17 G20 G40 G49 G80 G90 G94

G91 G28 Z0

G28 Y0

G90

M01

T20 M06

G54 S4200 M03

G00 X-4.6162 Y2.7708

G43 H20 Z0.5 M08

Z0.0

G01 X4.6162 F35.0

G00 X4.6875

Y1.8542

G01 X-4.6875

G00 Y0.9375

G01 X4.6875

G00 Y0.0208

G01 X-4.6875

G00 Y-0.8958

G01 X4.6875

G00 Y-1.8125

G01 X-4.6875

G00 Z0.5

(ROUGHING ENDMILL 1/2" - 3F)

M09

M05

G91 G28 Z0

G28 Y0

G90

M01

T3 M06

G54 S7500 M03

G00 X-3.115 Y3.135

G43 H03 Z0.5 M08

Z0.1

G01 Z-0.51 F50.0

G41 X-3.125 F30.0 D03

G03 X-2.75 Y2.76 I0.375 F50.0

G01 X2.75 F30.0

G02 X3.26 Y2.25 J-0.51

G01 Y-2.25

G02 X2.75 Y-2.76 I-0.51

G01 X-2.75

G02 X-3.26 Y-2.25 J0.51

G01 Y2.25

G02 X-2.75 Y2.76 I0.51

G03 X-2.375 Y3.135 J0.375 F50.0

G01 G40 X-2.385 F30.0

G00 Z0.5

(ENDMILL 1/2- 3F)

M09

M05

G91 G28 Z0

G28 Y0

G90

M01

T14 M06

G54 S8500 M03

G00 X-3.115 Y3.125

G43 H14 Z0.5 M08

Z0.1

G01 Z-0.51 F65.0

G41 X-3.125 F45.0 D14

G03 X-2.75 Y2.75 I0.375 F65.0

G01 X2.75 F45.0

G02 X3.25 Y2.25 J-0.5

G01 Y-2.25

G02 X2.75 Y-2.75 I-0.5

G01 X-2.75

G02 X-3.25 Y-2.25 J0.5

G01 Y2.25

G02 X-2.75 Y2.75 I0.5

G03 X-2.375 Y3.125 J0.375 F65.0

G01 G40 X-2.385 F45.0

G00 Z0.5

(SPOT DRILL 3/8")

M09

M05

G91 G28 Z0

G28 Y0

G90

M01

T1 M06

G54 S2200 M03

G00 X-1.75 Y-2.0625

G43 H01 Z0.5 M08

G81 G98 X-1.75 Y-2.0625 Z-0.1 R0.1 F5.0

X-1.25

X1.25

X1.75

Y2.0625

X1.25

X-1.25

X-1.75

G80

G00 Z0.5

(SPOT DRILL 3/8")

G54 S2200 M03

G00 X-2.5 Y-2.0

G81 G98 X-2.5 Y-2.0 Z-0.05 R0.1 F5.0

X2.5

Y2.0

X-2.5

G80

G00 Z0.5

(SPOT DRILL 3/8")

G54 S2200 M03

G00 X2.75 Y-2.3038

G81 G98 X2.75 Y-2.3038 Z-0.075 R0.1 F5.0

Y2.3038

G80

G00 Z0.5

(DRILL #29 - 0.136" / COBALT)

M09

M05

G91 G28 Z0

G28 Y0

G90

M01

T16 M06

G54 S1650 M03

G00 X-2.5 Y-2.0

G43 H16 Z0.5 M08

G83 G98 X-2.5 Y-2.0 Z-0.65 R0.1 Q0.15 F4.0

X2.5

Y2.0

X-2.5

G80

G00 Z0.5

(DRILL #7 - 0.201" / COBALT)

M09

M05

G91 G28 Z0

G28 Y0

G90

M01

T17 M06

G54 S1650 M03

G00 X-1.75 Y-2.0625

G43 H17 Z0.5 M08

G83 G98 X-1.75 Y-2.0625 Z-0.65 R0.1 Q0.15 F4.0

X-1.25

X1.25

X1.75

Y2.0625

X1.25

X-1.25

X-1.75

G80

G00 Z0.5

(END MILL 3/8" 3F)

M09

M05

G91 G28 Z0

G28 Y0

G90

M01

T18 M06

G54 S4600 M03

G00 X-1.75 Y-2.0625

G43 H18 Z0.5 M08

G83 G98 X-1.75 Y-2.0625 Z-0.19 R0.1 Q0.03 F10.0

X-1.25

X1.25

X1.75

Y2.0625

X1.25

X-1.25

X-1.75

G80

G00 Z0.5

(DRILL 3/16" - 0.1875" / COBALT)

M09

M05

G91 G28 Z0

G28 Y0

G90

M01

T19 M06

G54 S1650 M03

G00 X2.75 Y-2.3038

G43 H19 Z0.5 M08

G88 G98 X2.75 Y-2.3038 Z-0.6 R0.1 F5.0

Y2.3038

G80

G00 Z0.5

(CHAMFER MILL 3/8" X 90 DEG / 0.075" TIP)

M09

M05

G91 G28 Z0

G28 Y0

G90

M01

T4 M06

G54 S8500 M03

G00 X-2.8026 Y2.6138

G43 H04 Z0.5 M08

Z0.1

G01 Z-0.04 F50.0

G41 X-2.8063 F35.0 D04

G03 X-2.75 Y2.5575 I0.0563 F50.0

G01 X2.75 F35.0

G02 X3.0575 Y2.25 J-0.3075

G01 Y-2.25

G02 X2.75 Y-2.5575 I-0.3075

G01 X-2.75

G02 X-3.0575 Y-2.25 J0.3075

G01 Y2.25

G02 X-2.75 Y2.5575 I0.3075

G03 X-2.6938 Y2.6138 J0.0563 F50.0

G01 G40 X-2.6975 F35.0

G00 Z0.5

X-1.6975 Y2.1363

Z0.1

G01 Z-0.04 F50.0

G41 X-1.6938 F35.0 D04

G03 X-1.75 Y2.1925 I-0.0562 F50.0

X-1.75 Y2.1925 J-0.13 F35.0

X-1.8063 Y2.1363 J-0.0562 F50.0

G01 G40 X-1.8026 F35.0

G00 Z0.5

X-1.1974

Z0.1

G01 Z-0.04 F50.0

G41 X-1.1938 F35.0 D04

G03 X-1.25 Y2.1925 I-0.0562 F50.0

X-1.25 Y2.1925 J-0.13 F35.0

X-1.3063 Y2.1363 J-0.0562 F50.0

G01 G40 X-1.3026 F35.0

G00 Z0.5

X1.3026

Z0.1

G01 Z-0.04 F50.0

G41 X1.3063 F35.0 D04

G03 X1.25 Y2.1925 I-0.0563 F50.0

X1.25 Y2.1925 J-0.13 F35.0

X1.1938 Y2.1363 J-0.0562 F50.0

G01 G40 X1.1974 F35.0

G00 Z0.5

X1.8026

Z0.1

G01 Z-0.04 F50.0

G41 X1.8063 F35.0 D04

G03 X1.75 Y2.1925 I-0.0563 F50.0

X1.75 Y2.1925 J-0.13 F35.0

X1.6938 Y2.1363 J-0.0562 F50.0

G01 G40 X1.6975 F35.0

G00 Z0.5

X1.3026 Y-1.9888

Z0.1

G01 Z-0.04 F50.0

G41 X1.3063 F35.0 D04

G03 X1.25 Y-1.9325 I-0.0563 F50.0

X1.25 Y-1.9325 J-0.13 F35.0

X1.1938 Y-1.9888 J-0.0563 F50.0

G01 G40 X1.1974 F35.0

G00 Z0.5

X1.8026

Z0.1

G01 Z-0.04 F50.0

G41 X1.8063 F35.0 D04

G03 X1.75 Y-1.9325 I-0.0563 F50.0

X1.75 Y-1.9325 J-0.13 F35.0

X1.6938 Y-1.9888 J-0.0563 F50.0

G01 G40 X1.6975 F35.0

G00 Z0.5

X-1.6975

Z0.1

G01 Z-0.04 F50.0

G41 X-1.6938 F35.0 D04

G03 X-1.75 Y-1.9325 I-0.0562 F50.0

X-1.75 Y-1.9325 J-0.13 F35.0

X-1.8063 Y-1.9888 J-0.0563 F50.0

G01 G40 X-1.8026 F35.0

G00 Z0.5

X-1.1974

Z0.1

G01 Z-0.04 F50.0

G41 X-1.1938 F35.0 D04

G03 X-1.25 Y-1.9325 I-0.0562 F50.0

X-1.25 Y-1.9325 J-0.13 F35.0

X-1.3063 Y-1.9888 J-0.0563 F50.0

G01 G40 X-1.3026 F35.0

G00 Z0.5

M05

M09

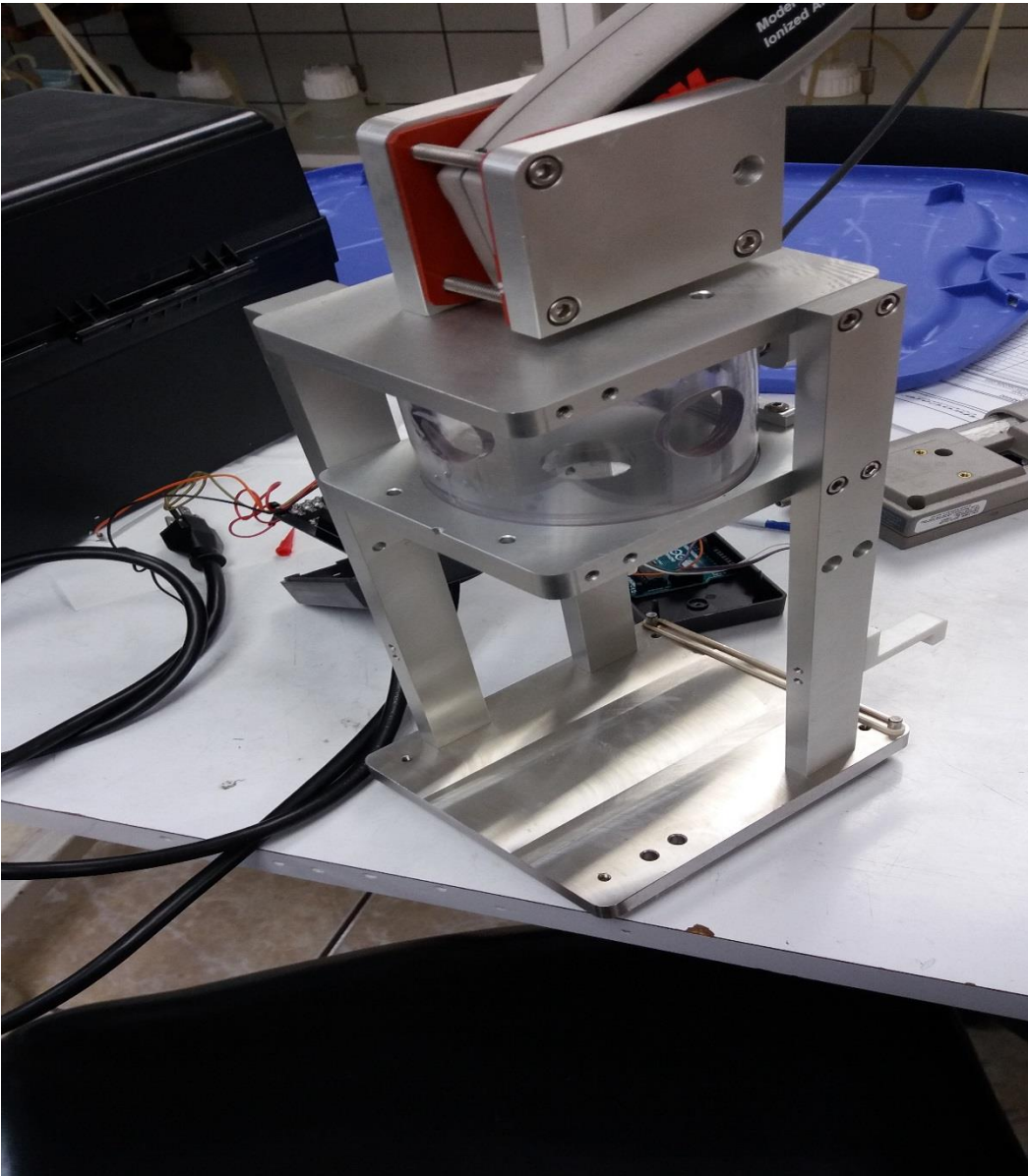
G91 G28 Z0

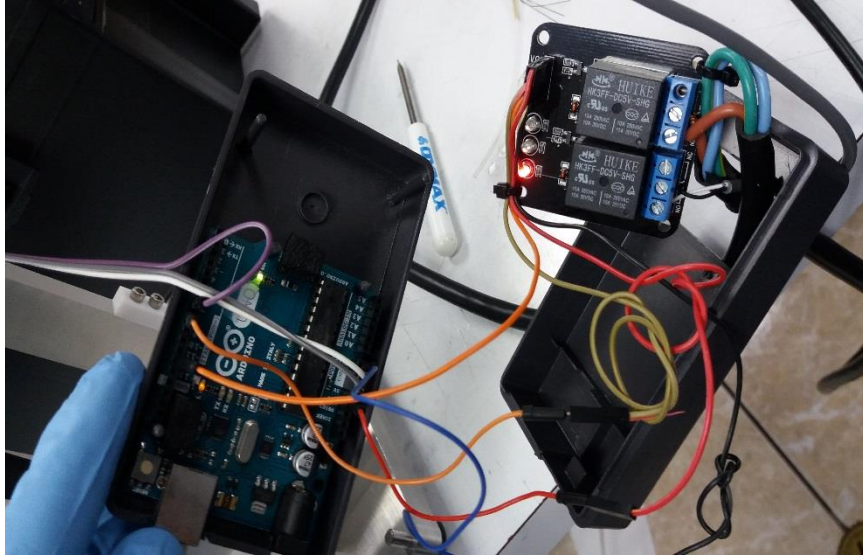
G28 Y0

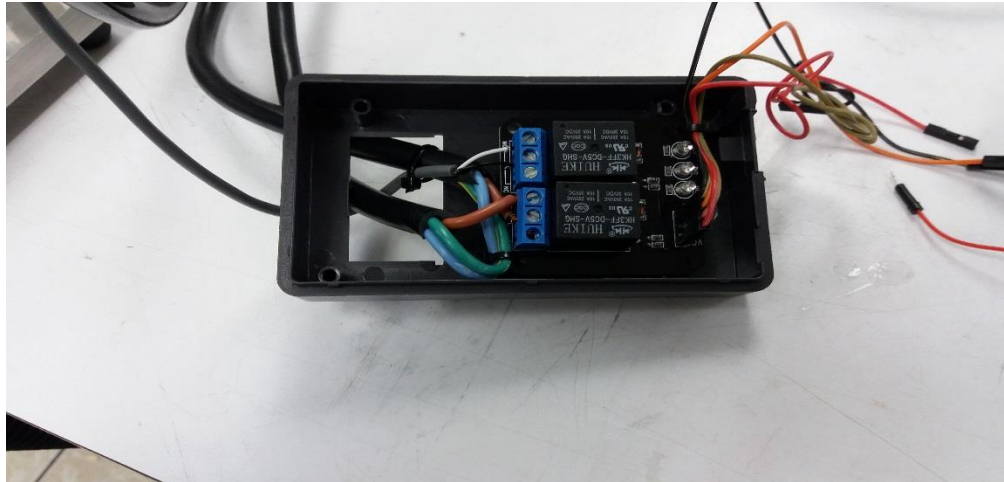
M30

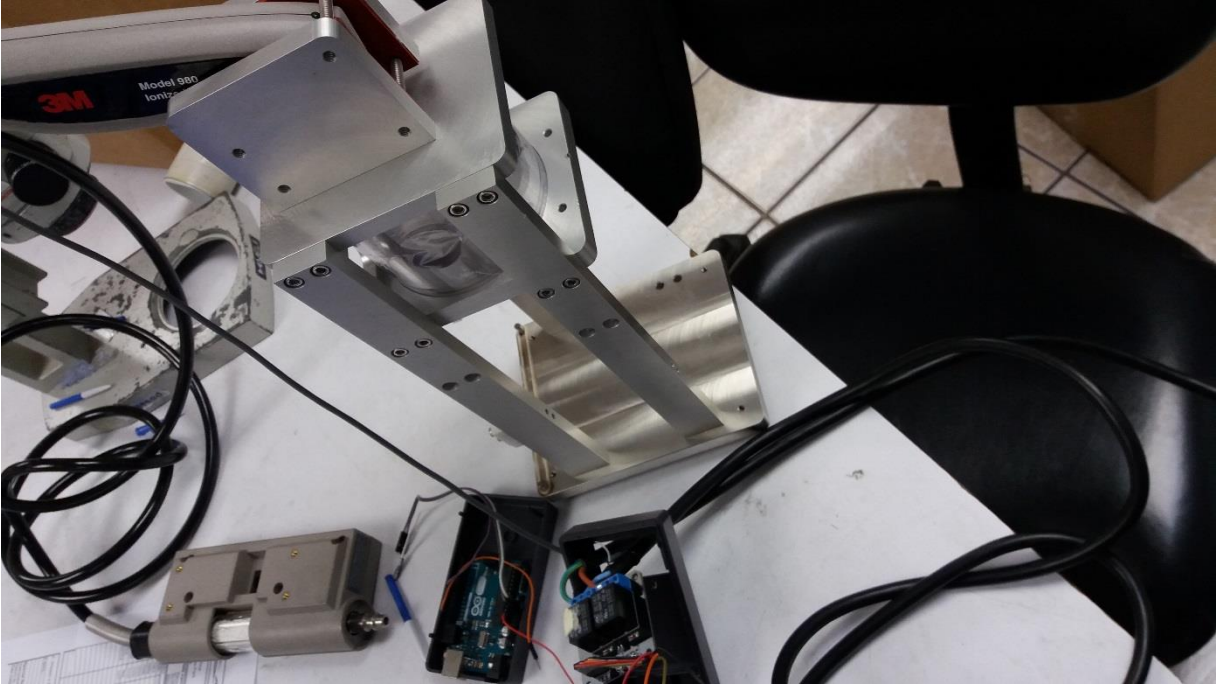
ANEXO 9

ETAPAS DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA PROPUESTA (FOTOGRAFÍAS).









ANEXO 10

TUTORIAS

Universidad Hispanoamericana

BITÁCORA PARA MODALIDAD DE GRADUACIÓN



Nombre del Estudiante: Mayer Garcia Espinoza
Nombre del Tutor: Ing. Eduardo Sanabria Guerrero

SEDE: Llorente, Tibás. San José. Costa Rica
FECHA: 01 de abril del 2017
LUGAR: UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
HORA INICIO: 1:00 PM
HORA CIERRE: 2:00 PM

TESIS:
TESINA:
PROYECTO:

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	X									

TEMAS TRATADOS:

1. Revisión del Planteamiento del Problema.
2. Revisión de la Justificación del Problema.
3. Revisión de Objetivos.
4. Revisión de Alcances y Limitaciones.

ACUERDOS:

1. Redactar mejor la Justificación del Problema.
2. Mejorar el enfoque y redacción de los Objetivos Generales y Específicos.
3. Mejorar el enfoque y redacción del Alcances y Limitaciones.

AVANCES:

1. Se avanza en la parte del Capítulo II MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.

LIMITACIONES:

1. Ninguna hasta el momento.

OBSERVACIONES:

1. Ninguna hasta el momento.

PROXIMA SESIÓN :

FECHA: 22 de abril del 2017 **HORA:** 1:00:00 PM **LUGAR:** Llorente, Tibás


 Firma Estudiante


 Firma Tutor

Es obligatorio la entrega de las bitácoras de todas las sesiones de trabajo y deben incluir las firmas del Tutor y del Estudiante

Universidad Hispanoamericana

BITÁCORA PARA MODALIDAD DE GRADUACIÓN



Nombre del Estudiante: Mayer García Espinoza
Nombre del Tutor: Ing. Eduardo Sanabria Guerrero

SEDE: Llorente, Tibás. San José. Costa Rica
FECHA: 22 de abril del 2017
LUGAR: UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
HORA INICIO: 5:00 PM
HORA CIERRE: 6:00 PM

TESIS:

TESINA:

PROYECTO:

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		X								

TEMAS TRATADOS:

1. Revisión del Marco Teórico.
2. Revisión de sección 2.1, 2.2, 2.3, 2.4.
3. Se comenta el enfoque del proyecto y la metodología.

ACUERDOS:

1. Continuar con el Marco Teórico.
2. Detallar más secciones de la 2.1 a la 2.4.
3. Iniciar con descripción de los equipos a utilizar y programas.

AVANCES:

1. Se avanza en la parte del Capítulo II MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.

LIMITACIONES:

1. Ninguna hasta el momento.

OBSERVACIONES:

1. Buscar la tecnología a utilizar d

PROXIMA SESIÓN :

FECHA: 29 de abril del 2017 **HORA:** 1:00:00 PM **LUGAR:** Llorente, Tibás



Firma Estudiante



Firma Tutor

Es obligatorio la entrega de las bitácoras de todas las sesiones de trabajo y deben incluir las firmas del Tutor y del Estudiante

Universidad Hispanoamericana

BITÁCORA PARA MODALIDAD DE GRADUACIÓN



Nombre del Estudiante: Mayer García Espinoza
Nombre del Tutor: Ing. Eduardo Sanabria Guerrero

SEDE: Llorente, Tibás. San José. Costa Rica
FECHA: 29 de abril del 2017
LUGAR: UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
HORA INICIO: 1:00 PM
HORA CIERRE: 2:00 PM

TESIS:
TESINA:
PROYECTO:

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			X							

TEMAS TRATADOS:

1. Revisión del Marco Teórico.
2. Revisión de sección 2.5, 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 2.10
3. Trabajar en la redacción de las secciones.

ACUERDOS:

1. Continuar con el Marco Teórico
2. Detallar más secciones de la 2.5 a la 2.10.
3. Continuar con descripción de los equipos a utilizar y programas.

AVANCES:

1. Se avanza en la parte del Capítulo II MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.
2. Recolección de datos de los mecanismos de medición.

LIMITACIONES:

1. Ninguna hasta el momento

OBSERVACIONES:

1. Comenzar a trabajar el Capítulo III MARCO METODOLÓGICO.

PROXIMA SESIÓN :

FECHA: 06 de mayo del 2017 **HORA:** 1:00:00 PM **LUGAR:** Llorente, Tibás

Firma Estudiante

Firma Tutor

Es obligatorio la entrega de las bitácoras de todas las sesiones de trabajo y deben incluir las firmas del Tutor y del Estudiante

Universidad Hispanoamericana

BITÁCORA PARA MODALIDAD DE GRADUACIÓN



Nombre del Estudiante: Mayer García Espinoza
Nombre del Tutor: Ing. Eduardo Sanabria Guerrero

SEDE: Lorente, Tibás, San José, Costa Rica
FECHA: 06-may-17
LUGAR: UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
HORA INICIO: 1:00 PM
HORA CIERRE: 2:00 PM

TESIS:
TESINA:
PROYECTO:

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
				X						

TEMAS TRATADOS:

1. Revisión del Marco Teórico.
2. Revisión de sección 2.11, 2.12, 2.13, 2.14, 2.15.
3. Trabajar en la redacción de las secciones y ampliar conceptos.

ACUERDOS:

1. Continuar con el Marco Teórico
2. Detallar más secciones de la 2.11 a la 2.15.
3. Iniciar Capítulo III MARCO METODOLÓGICO

AVANCES:

1. Se avanza en la parte del Capítulo II MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.
2. Recolección de datos de los mecanismos de medición.
3. Inicio de Seis Sigma y Metodología de investigación.

LIMITACIONES:

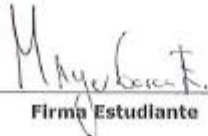
1. Pedidos de partes inicia procesos de compras.

OBSERVACIONES:

1. Crear tabla de contenidos.
2. Crear cronograma de tiempo.

PROXIMA SESIÓN :

FECHA: 20 de Mayo del 2017 **HORA:** 1:00:00 PM **LUGAR:** Lorente, Tibás


 Firma Estudiante


 Firma Tutor

Es obligatorio la entrega de las bitácoras de todas las sesiones de trabajo y deben incluir las firmas del Tutor y del Estudiante

Universidad Hispanoamericana

BITÁCORA PARA MODALIDAD DE GRADUACIÓN



Nombre del Estudiante: Mayer García Espinoza
Nombre del Tutor: Ing. Eduardo Sanabria Guerrero

SEDE: Llorente, Tibás. San José. Costa Rica
FECHA: 20 Mayo del 2017
LUGAR: UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
HORA INICIO: 1:00 PM
HORA CIERRE: 2:00 PM

TESIS:
TESINA:
PROYECTO:

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
					X					

TEMAS TRATADOS:

1. Revisión del Marco Teórico y Marco Metodológico.
2. Revisión de sección 2.16, 2.17, 2.18, 2.19, 2.20, 2.21, 2.22, 2.23, 2.25, 2.25.
3. Revisión de las secciones Marco Metodológico 3.1 a las 3.5.
4. Creación de las gráficas y índice tablas y figuras

ACUERDOS:

1. Terminar con el Marco Teórico
2. Detallar más secciones de la 2.16 a la 2.25.
3. Continuar con la Metodología de Investigación
4. Corregir aspectos de forma del documento

AVANCES:

1. Se avanza en el Capítulo III MARCO METODOLÓGICO
2. Recolección de datos de los mecanismos de medición.
3. Creación de las secciones 3.6 a la 3.9.

LIMITACIONES:

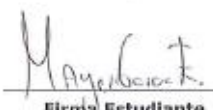
1. Retrasos en los procesos de compras de los equipos.

OBSERVACIONES:

1. Crear tabla de contenidos.
2. Crear cronograma de tiempo.

PROXIMA SESIÓN :

FECHA: 27 de mayo del 2017 **HORA:** 1:00:00 PM **LUGAR:** Llorente, Tibás


 Firma Estudiante


 Firma Tutor

Es obligatorio la entrega de las bitácoras de todas las sesiones de trabajo y deben incluir las firmas del Tutor y del Estudiante

Universidad Hispanoamericana

BITÁCORA PARA MODALIDAD DE GRADUACIÓN



Nombre del Estudiante: Mayer García Espinoza
Nombre del Tutor: Ing. Eduardo Sanabria Guerrero

SEDE: Llorente, Tibás. San José. Costa Rica
FECHA: 27 Mayo del 2017
LUGAR: UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
HORA INICIO: 1:00 PM
HORA CIERRE: 2:00 PM

TESIS:
TESINA:
PROYECTO:

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
						X				

TEMAS TRATADOS:

1. Revisión del Marco Metodológico.
2. Revisión de las secciones 3.6 a la 3.9.
3. Revisión de mecanismos de Diagnóstico

ACUERDOS:

1. Creación del Capítulo IV DIAGNÓSTICO
2. Detallar más secciones de la 3.6 a la 3.9.
3. Continuar con la Metodología de Investigación.
4. Corregir aspectos de forma del documento.

AVANCES:

1. Se avanza en el Capítulo IV DIAGNÓSTICO
2. Definición de herramientas de Diagnóstico.
3. Recolección de datos.
4. Confección de indicadores de los métodos de Investigación.

LIMITACIONES:

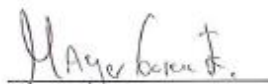
1. Retrasos en los procesos de compras de los equipos.
2. Retrasos en la confección y diseño de las partes mecánicas.

OBSERVACIONES:

1. Trabajar en los resultados de los datos obtenidos.

PROXIMA SESIÓN :

FECHA: 10 de junio del 2017 **HORA:** 1:00:00 PM **LUGAR:** Llorente, Tibás


 Firma Estudiante


 Firma Tutor

Es obligatorio la entrega de las bitácoras de todas las sesiones de trabajo y deben incluir las firmas del Tutor y del Estudiante

Universidad Hispanoamericana

BITÁCORA PARA MODALIDAD DE GRADUACIÓN



Nombre del Estudiante: Mayer García Espinoza
Nombre del Tutor: Ing. Eduardo Sanabria Guerrero

SEDE: Llorente, Tibás. San José. Costa Rica
FECHA: 10 de junio del 2017
LUGAR: UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
HORA INICIO: 1:00 PM
HORA CIERRE: 2:00 PM

TESIS:
TESINA:
PROYECTO:

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
							X			

TEMAS TRATADOS:

1. Revisión del Capítulo IV DIAGNÓSTICO.
2. Revisión del Capítulo V DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA.
3. Revisión de las secciones 4.1, 4.2, 4.3.
4. Revisión y análisis de datos.

ACUERDOS:

1. Terminar Capítulo IV DIAGNÓSTICO
2. Detallar más secciones de la 4.1 a la 4.3.
3. Graficar resultados y tablas de datos.
4. Corregir aspectos de forma del documento.

AVANCES:

1. Se avanza en el Capítulo V DIAGNÓSTICO
2. Desarrollo del DETALLE DE LA PROPUESTA.
3. Recolección de datos.
4. Confección de indicadores de los métodos de Investigación.

LIMITACIONES:

1. Retrasos en los procesos de compras de los equipos.
2. Retrasos en la confección y diseño de las partes mecánicas.

OBSERVACIONES:

1. Trabajar en DESARROLLO DE LA PROPUESTA.

PROXIMA SESIÓN :

FECHA: 24 de junio del 2017 **HORA:** 1:00:00 PM **LUGAR:** Llorente, Tibás


 Firma Estudiante


 Firma Tutor

Es obligatorio la entrega de las bitácoras de todas las sesiones de trabajo y deben incluir las firmas del Tutor y del Estudiante

Universidad Hispanoamericana

BITÁCORA PARA MODALIDAD DE GRADUACIÓN



Nombre del Estudiante: Mayer García Espinoza
Nombre del Tutor: Ing. Eduardo Sanabria Guerrero

SEDE: Llorente, Tibás. San José. Costa Rica **TESIS:**
FECHA: 24 de Junio del 2017
LUGAR: UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA **TESINA:**
HORA INICIO: 1:00 PM
HORA CIERRE: 2:00 PM **PROYECTO:**

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
								X		

TEMAS TRATADOS:

1. Revisión del Capítulo V DESARROLLO DE LA PROPUESTA.
2. Revisión de las secciones 5.1, 5.2.
3. Revisión fuentes Bibliográficas.

ACUERDOS:

1. Terminar con el Capítulo IV DIAGNÓSTICO
2. Detallar más secciones de la 5.1 a la 5.2.
3. Trabajar en la sección 5.3.
4. Corregir aspectos de forma del documento.

AVANCES:

1. Se avanza en el Capítulo V DESARROLLO DE LA PROPUESTA.
2. Se detalla el DESARROLLO DE LA PROPUESTA.
3. Recolección de datos.
4. Confección de distintos diagramas.

LIMITACIONES:

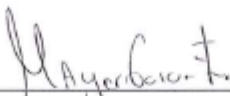
1. Retrasos en la confección y diseño de las partes mecánicas.

OBSERVACIONES:

1. Trabajar en DESARROLLO DE LA PROPUESTA.

PROXIMA SESIÓN :

FECHA: 12 de Julio del 2017 **HORA:** 1:00:00 PM **LUGAR:** Llorente, Tibás



Firma Estudiante



Firma Tutor

Es obligatorio la entrega de las bitácoras de todas las sesiones de trabajo y deben incluir las firmas del Tutor y del Estudiante

Universidad Hispanoamericana

BITÁCORA PARA MODALIDAD DE GRADUACIÓN



Nombre del Estudiante: Mayer García Espinoza
Nombre del Tutor: Ing. Eduardo Sanabria Guerrero

SEDE: Llorente, Tibás, San José, Costa Rica
FECHA: 12 de Julio del 2017
LUGAR: UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
HORA INICIO: 1:00 PM
HORA CIERRE: 2:00 PM

TESIS:
TESINA:
PROYECTO:

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
									X	

TEMAS TRATADOS:

1. Continuación del Capítulo V DESARROLLO DE LA PROPUESTA.
2. Revisión de las secciones 5.3.
3. Revisión fuentes Bibliográficas.

ACUERDOS:

1. Ampliar detalles del Capítulo V.
2. Detallar más secciones de la 5.1 a la 5.2.
3. Trabajar en la sección 5.3.
4. Corregir aspectos de forma del documento.

AVANCES:

1. Se avanza en el Capítulo V ¿COMO ESTA PROGRAMADO EL SISTEMA?
2. Se detalla más el DESARROLLO DE LA PROPUESTA.
3. Recolección de datos de costos y tiempos de operación.
4. Confección de distintos diagramas y programas.


LIMITACIONES:

OBSERVACIONES:

1. Continuar con el DESARROLLO DE LA PROPUESTA.

PROXIMA SESIÓN :

FECHA: 19 de agosto del 2017 **HORA:** 1:00:00 PM **LUGAR:** Llorente, Tibás


 Firma Estudiante


 Firma Tutor

Es obligatorio la entrega de las bitácoras de todas las sesiones de trabajo y deben incluir las firmas del Tutor y del Estudiante

Universidad Hispanoamericana

BITÁCORA PARA MODALIDAD DE GRADUACIÓN



Nombre del Estudiante: Mayer García Espinoza
Nombre del Tutor: Ing. Eduardo Sanabria Guerrero

SEDE: Llorente, Tibás. San José. Costa Rica
FECHA: 19 agosto del 2017
LUGAR: UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
HORA INICIO: 1:00 PM
HORA CIERRE: 2:00 PM

TESIS:
TESINA:
PROYECTO:

SESIÓN	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
										X

TEMAS TRATADOS:

1. Continuación del Capítulo V DESARROLLO DE LA PROPUESTA.
2. Revisión de las secciones 5.3.
3. Revisión de los apendices

ACUERDOS:

1. Ampliar detalles del Capítulo V.
2. Detallar más secciones de la 5.2 a la 5.3.
3. Trabajar en la sección de Anexos y Apendices
4. Corregir aspectos de forma del documento.

AVANCES:

1. Se avanza en el Capítulo V ¿COMO ESTA PROGRAMADO EL SISTEMA?
2. Se detalla más el DESARROLLO DE LA PROPUESTA.
3. Confección de distintos diagramas y programas.
4. conclusiones y recomendaciones

LIMITACIONES:

OBSERVACIONES:

1. Conclusiones y recomendaciones

PROXIMA SESIÓN :

FECHA:

HORA:

LUGAR:


 Firma Estudiante


 Firma Tutor

Es obligatorio la entrega de las bitácoras de todas las sesiones de trabajo y deben incluir las firmas del Tutor y del Estudiante