ATLANTIC INTERNATIONAL UNIVERSITY

SCHOOL OF SCIENCE AND ENGINEERING

DEGREE THESIS TO OP TO THE DEGREE OF BACHELOR OF INDUSTRIAL ENGINNEEERING

TOPIC:

TRANSVERSAL APLICATION OF GEOSPATIAL TECHNOLOGIES TO INDUSTRY 4.0

Student Name:

José Roland Castillo Montoya

ID:

UB26619SIN35121

Evaluating Committee:

Doctor Edward Lambert

Doctora Ofelia Miller

QUITO – ECUADOR

2020

TRANSVERSAL APLICATION OF GEOSPATIAL TECHNOLOGIES TO INDUSTRY 4.0

José Roland Castillo Montoya.

Quito, Ecuador 2020.

Agradecimientos:

De manera enfática expreso mis agradecimientos a mi madre Clemencia Marlene Montoya Montoya, quien con su ejemplo de ardua labor al servicio de los demás ha motivado en mí la necesidad de desarrollar estudios de profesionalización, con miras a la aplicación práctica de conocimientos técnicos y administrativos capaces de mejorar la sociedad en la que me desenvuelvo.

Por otra parte, y como no puede ser de otra manera extiendo mi reconocimiento a la labor que Atlantic International University realiza a escala planetaria, para permitir que el conocimiento trascienda barreras de nacionalidad, etnia o religión. En tiempos de pandemia es importante acotar que la educación virtual ha demostrado ser una firme base sobre la que los conocimientos pueden ser construidos con confianza, responsabilidad y esmero; más aún cuando estos están a cargo de personas adultas en búsqueda de mejorar su calidad humana y capacidad profesional.

José Roland Castillo Montoya.

Quito, Ecuador 2020.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido

ÍNDICE DE CONTENIDOS ii
ÍNDICE DE GRÁFICAS Y FIGURAS iv
ÍNDICE DE TABLAS vi
CAPÍTULO I 9
INTRODUCCIÓN 9

1. Planteamiento del problema 9

1.1. Justificación 9

1.2. Objetivos 10

1.1.1. Objetivo General 10

1.1.2. Objetivos Específicos 10

1.3. Identificación y delimitación del problema 10

CAPÍTULO II 11
MARCO TEÓRICO 11
CAPÍTULO III 20
HIPÓTESIS 20

3.1. Planteamiento de la hipótesis 20

3.2. Variables 20

3.3. Universo de Estudio 21

3.4. Muestra 21

CAPÍTULO IV 23
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN 23
CAPÍTULO V 25
PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN Y GENERACIÓN DE RESULTADOS 25

5.1. Presentación gráfica e interpretación de la información obtenida 25

5.2. Análisis estadístico de la información 27

5.3. Métodos matemáticos para el análisis de datos 32

CAPÍTULO VI 37
CONCLUSIONES 37
CAPÍTULO VII 38
REFERENCIAS DOCUMENTALES 38
ANEXOS 40
Código de fuente básico para accionamiento de un ente mecánico 40
Planos de conjunto de ente mecánico de dos grados de libertad (Inventor Porfessional) 44

ÍNDICE DE GRÁFICAS Y FIGURAS

FIGURA 1. AGENTE MECÁNICO. 11

FIGURA 2. GRADOS DE LIBERTAD DE UN BRAZO ROBÓTICO. 11

FIGURA 3. DA VINCI SURGICAL SYSTEM; DE IZQUIERDA A DERECHA SE EXPONE: A) CONSOLA DE SUMINISTRO DE ÓRDENES Y B) BASE MÓVIL ROBÓTICA. 12

FIGURA 4. ESQUEMA DE CONEXIÓN SATELITAL MEDIANTE WAVE LAN. 14

FIGURA 5. PROCESO TÍPICO DE MODELADO DE FUNDICIÓN CON ARENA (INTERCAMBIADOR DE CALOR). 15

FIGURA 6. RUTA CRÍTICA PARA PRODUCIR UN INTERCAMBIADOR DE CALOR. 16

FIGURA 7. PROCEDIMIENTO CONVENCIONAL DEL VACIADO DEL ACERO FUNDIDO. 17

FIGURA 8. OBSTRUCCIÓN DE LA SEÑAL SATELITAL CON LA PROYECCIÓN. 18

FIGURA 9. DESPLAZAMIENTO GEOLOCALIZADO DE UN ENTE MECÁNICO POR DIVERSAS ESTACIONES DE TRABAJO. 19

FIGURA 10. REPRESENTACIÓN GRÁFICA DEL MUESTREO ALEATORIO SIMPLE. 24

FIGURA 11. DIAGRAMA DE ASOCIACIÓN DE DATOS PARA ANÁLISIS ESTADÍSTICO. 27

GRÁFICA 12. ANÁLISIS ESTADÍSTICO: CONTROL DE CALIDAD SUPERFICIAL Y SOLVENCIA ESTRUCTURAL DE LAS 35 MUESTRAS. 28

GRÁFICA 13. ESTADÍSTICO DE LA FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE DEFECTOS EN MUESTRAS: 2,11 Y 14. 28

GRÁFICA 14. ESTADÍSTICO DE LA FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE DEFECTOS EN MUESTRAS: 3,21 Y 31. 29

GRÁFICA 15. ESTADÍSTICO DE LA FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE DEFECTOS EN MUESTRAS: 1,16 Y 28. 29

GRÁFICA 16. ESTADÍSTICO DE LA FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE DEFECTOS EN MUESTRAS: 4 Y 13. 30

GRÁFICA 17. ESTADÍSTICO DE LA FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE DEFECTOS EN MUESTRAS: 15, 17, 20. 30

GRÁFICA 18. ESTADÍSTICO DE LA FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE DEFECTOS EN MUESTRAS: 7, 9..... 31

GRÁFICA 19. ESTADÍSTICO DE LA FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE DEFECTOS EN MUESTRAS: 8, 24, 30 Y 32..... 31

GRÁFICA 20. ESTADÍSTICO DE LA FRECUENCIA DE OCURRENCIA DE **CONFORMIDADES** EN MUESTRAS: 5, 6, 10, 12, 14, 18, 19, 22, 23, 25, 26, 27, 29, 33, 35. 32

GRÁFICA 21. REGRESIÓN LINEAL SIMPLE, MODELO MATEMÁTICO Y COEFICIENTE DE CORRELACIÓN DE PEARSON PARA EL CPSS IMPLEMENTADO..... 36

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. ACTIVIDADES PARA MODELAR UN INTERCAMBIADOR DE CALOR..... 16

TABLA 2. CODIFICACIÓN DE ERRORES EN LA MANUFACTURA DE INTERCAMBIADORES DE CALOR. 25

TABLA 3. RESUMEN DE CONTROL DE CALIDAD DURANTE 20 DÍAS DE DESARROLLO DE PROCESOS PRODUCTIVOS. 26

TABLA 4. REGISTRO DE DEFECTOS HALLADOS DURANTE EL MONITOREO EFECTUADO POR EL DEPARTAMENTO DE CALIDAD. 33

TABLA 5. RESULTADO DE LOS CÁLCULOS OBTENIDOS MEDIANTE LAS ECUACIONES 02, 03 Y 04. 34

TABLA 6. RECOMBINACIÓN DE LOS LÍMITES CENTRAL, SUPERIOR E INFERIOR DEL MODELO MATEMÁTICO..... 35

RESUMEN

Como lo ha descrito José Castillo, las ***Tecnologías Geoespaciales*** son factibles gracias al dilatado uso de satélites geoestacionarios que orbitan en la Medium Earth Orbith, hogar de las principales constelaciones, a saber, GLONASS, GPS, BeiDou, Galileo, etcétera, página (3) La extracción y manejo de la data provista por estas hace posible que las ***Industrias*** optimicen su productividad.

Ahora bien, la revolución tecnológico-económica vigente y emplazada en un gran porcentaje de las industrias modernas; echa mano de esta potente ***Herramienta Tecnológica*** para estructurar uno de los ámbitos más complejos de su maquinaria operacional, estos son los ***Sistemas Cyber-físicos de Producción*** (CPSS, por sus siglas en inglés), que como lo explica Luis Cruz contribuyen a una mejor comunicación entre personas, máquinas y productos (página 4).

Entonces para este cambio de paradigma será propicio implementar ***Soluciones Computacionales a Problemas de Ingeniería***, con la virtud de resolver algoritmos robustos, mediante el diseño de interfaces reconfigurables e inteligentes. Esto a su vez implica el uso de aplicaciones más descentralizadas al interior de las organizaciones, que ven a sus antagónicos contemporáneos en los ***Controladores Lógicos Programables*** (PLC, por sus siglas en inglés) que son de común empleo en los ***Procesos Productivos*** vigentes.

Para cerrar esta breve reseña cabe hacer referencia a lo estipulado por la Universidad Pontificia Bolivariana, que conceptualiza a los ***CPSS*** como la sinergia entre el mundo físico (tangible) con el mundo cibernético (software) (página 7) Para su implementación será necesario considerar la funcionalidad, confiabilidad, disponibilidad y seguridad.

ABSTRACT

As José Castillo has described, ***Geospatial Technologies*** are feasible thanks to the extensive use of geostationary satellites that orbit the ***Medium Earth Orbith***, home to the main constellations, namely GLONASS, GPS, BeiDou, Galileo, etc., page (3). The extraction and management of the data provided by them makes it possible for ***Industries*** to optimize their productivity.

Now, the technological-economic revolution in force and located in a large percentage of modern industries; uses this powerful ***Technological Tool*** to structure one of the most complex areas of its operational machinery, these are the ***Cyber-physical Production Systems*** (CPSS), which, as Luis Cruz explains, contribute to better communication between people, machines and products (page 4).

So, for this paradigm shift it will be propitious to implement ***Computational Solutions to Engineering Problems***, with the virtue of solving robust algorithms, through the design of reconfigurable and intelligent interfaces. This in turn implies the use of more decentralized applications within organizations, which see their antagonistic contemporaries in ***Programmable Logic Controllers*** (PLCs) that are commonly used in current ***Productive Processes***.

To close this brief review, reference should be made to what is stipulated by the Pontificia Bolivariana University, which conceptualizes the ***CPSS*** as the synergy between the physical (tangible) world with the cybernetic world (software) (page 7). For its implementation it will be necessary to consider functionality, reliability, availability and security.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1. Planteamiento del problema

El problema que aborda la presente tesis obedece a la probabilidad de emplear una de las ***Aplicaciones Transversales de las Tecnologías Geoespaciales*** a la ***Industria 4.0***; postulada como los ***Sistemas Cyber-físicos de Producción***.

1.1. Justificación

El beneficio de conocer los ***CPSS***, radica en la capacidad que poseen para controlar los procesos físicos mediante georreferenciación monitorizada a través de algoritmos computacionales capaces de eliminar la ***Abstracción Informática*** contenida en los lenguajes de programación tradicionales, con lo que se eliminan los errores producidos en los cálculos por la retroalimentación, el inevitable galopar del tiempo y la ***Concurrencia Intrínseca*** en la arquitectura de los sistemas computacionales.

Como lo deja establecido John Chandy; la ***Sincronización en Tiempo Real*** es uno de los factores determinantes para incrementar la expectativa de fiabilidad en el intercambio de productos y prestación de servicios (página 3); fenómeno reproducible únicamente en los ***CPSS***. Para que este salto se dé, los sistemas de software también deben ser perfectamente fiables y predecibles, luego, para que esta orquestación sea factible es prioritario establecer ***Modelos Semánticos*** capaces de satisfacer las necesidades de interés para los ***Procesos Físicos*** y el ***Hardware***.

Con lo expuesto la relevancia de esta investigación estriba en dotar al ***Bachelor of Industrial Enginnering*** de la capacidad de proyectar en una organización la implementación de un ***CPSS*** que mitigue las pérdidas derivadas por un mal manejo de tiempos y recursos; estructurando sistemas de intercomunicación eficaces, alimentados de datos provistos por las ***Tecnologías Geoespaciales***.

1.2. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

- Implementar la ***Aplicación Transversal*** que tienen las ***Tecnologías Geoespaciales*** en la ***Industrial 4.0***, enfocadas en el desarrollo de un ***Sistema Cyber-físico***.

1.1.2. Objetivos Específicos

- Investigar datos pertinentes que definan los antecedentes necesarios para un estudio de caso en el que se migra de ***Sistemas Convencionales de Producción*** hacia ***CPSS***.
- Emplear los datos ***GPS*** (georreferenciados) para construir procesos ***Flexibles de Manufactura*** mediante un laso de información, de tal manera que sea posible crear conciencia de un ***Proceso Productivo***.
- Utilizar datos provistos por ***Satélites GNSS*** para transmitir información del posicionamiento geográfico que debe ocupar en ***Tiempo Real*** una ***Estructura Robotizada***, operada remotamente, empleando la mega red de Internet actualmente operativa en casi todo el planeta.

1.3. Identificación y delimitación del problema

La centralización del problema concurre en la necesidad de satisfacer la interrogante acerca de si es posible manipular ***Estructuras Robóticas*** altamente flexibles de manera remota, sirviéndose de las ***Tecnologías Geoespaciales***.

Pues bien, la consecuente aplicación gravita en el uso de las metodologías ***CPSS***, en el contexto sincrónico mundial que observa como las ***Industrias*** han debido ser abandonadas por los operarios que deben proteger y conservar su salud.

Por su parte, el cese de los ***Procesos Productivos*** ha sido uno de los factores concomitantes para la ***Recesión Económica*** que asola a todo el planeta, con lo que muchos gobiernos se han visto abocados a extremar sus medidas coyunturales.

CAPÍTULO II
MARCO TEÓRICO

Los agentes mecánicos están constituidos esencialmente por: estructura mecánica, actuadores, sensores y un controlador; aunque no son elementos exclusivos de estos; pero sí poseen características puntuales en vista de que para su ***Aplicación Industrial*** deben emular la flexibilidad de movimiento de las extremidades superiores del cuerpo humano, dotándolos así de la exactitud imprescindible para ejecutar ***Procesos Productivos Industriales***.

Figura 1. Agente mecánico.
Fuente: Esneca Business School.
Elaborado por: Esneca Business School.

Los grados de libertad que un agente mecánico posee son delimitados a través de sensores, que deben estar ***Programados*** en ***Bucle Cerrado*** o de realimentación. El ***Posicionamiento*** que la pinza alcanza es contrastado con el buscado dentro del espacio cartesiano diseñado, ambos valores se involucran al interior de un ***Código de Fuente*** mediante una ***Función de Error***, la cual valida o rechaza a la ***Instrucción de Producción***.

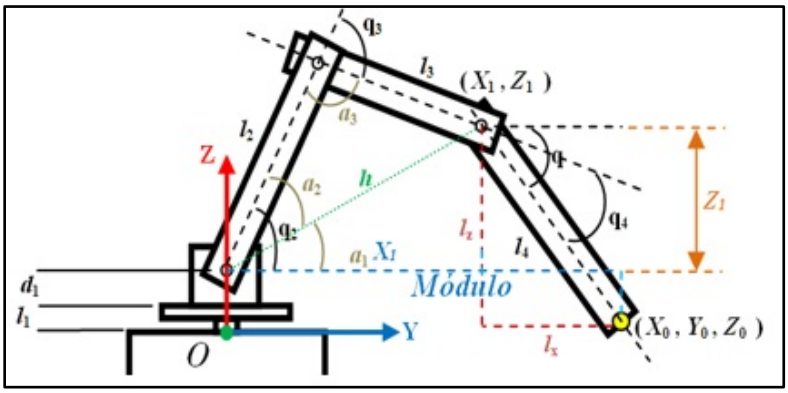


Figura 2. Grados de libertad de un brazo robótico.
Fuente: SciELO_Cuba.
Elaborado por: SciELO_Cuba.

Por otra parte, de la ciencia médica se puede abstraer una de las impletaciones que cobija a sus procedimientos quirúrgicos modernos en los que su busca tener el menor grado de invasividad posible sobre el paciente, esta es la ***Tele-Cirugía***, manejada remotamente mediante entes mecánicos.

El precursor de esta metodología ha sido, en palabras de Castillo, Castillo & Vidal el creado por la empresa RAMS (Robot Assisted Micro Surgery) en el año de 1994 con un diámetro de 25,0 [*mm*] y longitud de 250,0 [*mm*], con 6 grados espaciales de movimiento.

Luego, más tarde en el tiempo llegaría el ***da Vinci Surgical System***, desarrollado por la organización Intuitive Surgical Inc. (Sunny-Valley, California, USA) mismo que dispone de un sistema endowrist de impresionantes siete grados de movimiento tridimensional. Sus principlaes componetes son la consola de suministro de órdenes, la base móvil robótica y la torre laparoscópica provista de una potente pantalla.

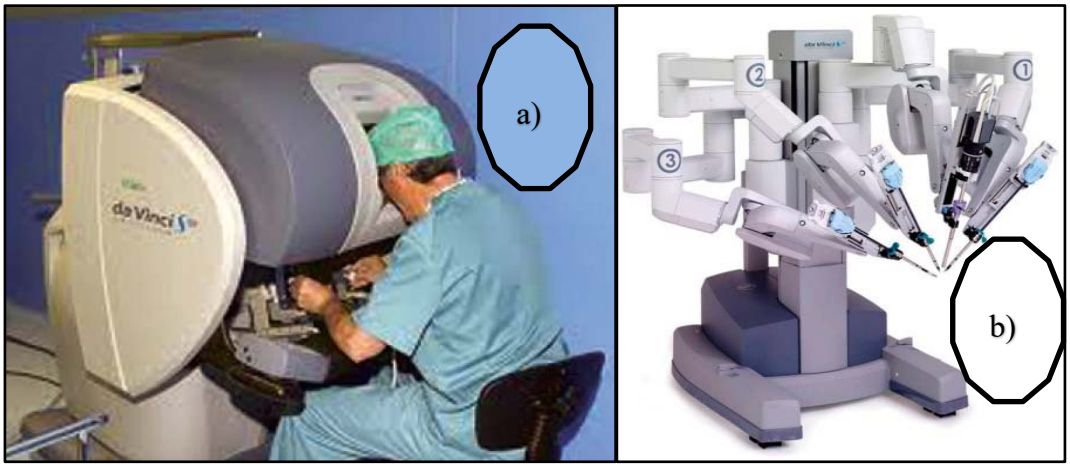


Figura 3. da Vinci Surgical System; de izquierda a derecha se expone: a) consola de suministro de órdenes y b) base móvil robótica.
Fuente: Revista Chilena de Cirugía.
Elaborado por: Octavio A, Castillo C & Vidal M.

Continuando, aunque las entidades que regulan los procedimientos quirúrgicos han prohibido el manejo remoto de la base móvil robótica, es decir, la consola de suministro de órdenes debe estar instalada en el mismo quirófano; es precisamente de esta habilidad que se sirve el sustento teórico en acuñación para definir cómo es posible desarrollar movimientos de un alto rango de precisión a través de conexiones satelitales.

Como lo pone en evidencia Julia Mora, la primera intervención a distancia cumple al anhelo de la NASA y el Departamento de Estado Americano por lograr intervenciones en estaciones aeroespaciales y plataformas de extracción de crudo situadas en ultramar (páginas 13 a 18). Su puesta en marcha se logró llevar a cabo por primera vez entre ciudades distanciadas vastamente, en cantidad de 645 [km], entre las cuales la señal de la onda satelital pudo enlazar con éxito al ente mecánico y al especialista involucrado.

El cirujano a cargo de esta intervención fue Jacques Marescaux (1 948-actualidad) que dirigió la operación desde el estado de New York-USA, mientras que el ente mecánico estuvo posicionado en Estrasburgo-Francia; extirpando de esta manera una vesícula biliar, para lo cual los movimientos del especialista fueron transmitidos en tiempo real (sin retraso de señal), logrando de esta manera un cien por ciento de éxito.

Pues bien, esta valiosa tecnología de telecomunicación, como lo han determinado Roberto, Falk & Friederich funciona eficazmente para distancias de 3 200 [km] cuando se transimite por medios físicos (cables) y de 800 [km] cuando la transmición es satelital; para esta última la ***Latencia*** alcanza los 600 [ms] (milisegundos) (páginas 4-5).

La transmisión por cables como lo ha determinado José Castillo Montoya, se hace mediante el empleo de ***Materiales Ópticos*** constituido por el Óxido de Sílice (SiO_2), integrante de la familia de los vidrios amorfos (página 04); el cual es conformado en estructuras cilíndricas de diámetro inferior a 1 [mm]; al interior de los cuales se liberan pulsos de luz, que son comprendidos por el receptor como 1’s y de no haberlas serán 0’s, con los cuales es posible compilar infinitos mensajes computacionales.

Sin embargo, lo que a este estudio le interesa es la comunicación satelital; por lo que se atañe a la definición compartida por Damaris en la que sustenta que la conexión inalámbrica mediante la tecnología ***IEEE802.11*** (Wave Lan) que tiene un canal capaz de manejar 64 [kbs] (kilo bites por segundo) es la de uso extendido para aplicaciones de telecirugía (páginas 75 a 109). Esta a su vez puede ser protegida mediante modernas tecnologías criptográficas (ISPEC, por sus siglas en inglés) capaces de frustrar cualquier amenaza costumbrista basada en IP.

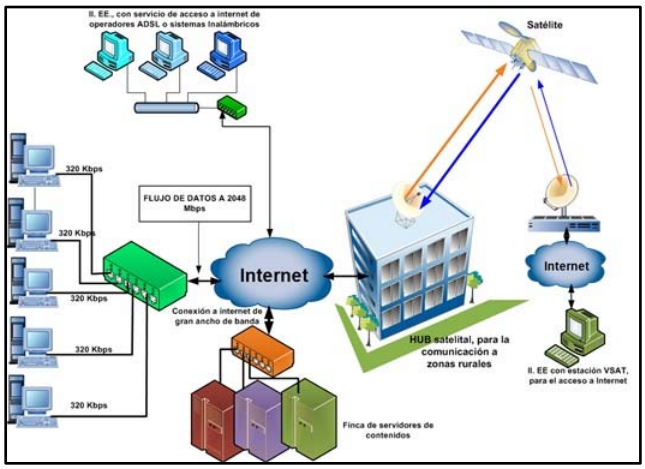


Figura 4. Esquema de conexión satelital mediante Wave Lan.
Fuente: SPT Ingeniería.
Elaborado por: Wilfrido Farela.

Ahora bien, una vez que se ha navegado por el río de la investigación desde el puerto de la entelequia hacia el terreno de lo tangible, posibilitando de esta manera el desarrollo de acciones controladas de manera remota, es hora de introducir un proceso productivo que pueda migrar de un ***Método Convencional*** a uno desarrollado mediante ***Sistemas Cyber-físicos de Producción*** (CPSS, por sus siglas en inglés).

De acuerdo a la clasificación de procesos de manufactura que realiza Dorielvis Bonillo, la propiedad de manufactura considera la conducta de una material frente a variadas metodologías de tratarlo y las aplicaciones prácticas hacia las que estas se orientan, una vez obtenido el producto final (página 05) De acuerdo a este concepto se elige un procedimiento que cambia la forma del material conocido como proceso de ***Moldeo de Fundición con Arena***, como proceso propicio a ser mutado a ***CPSS***.

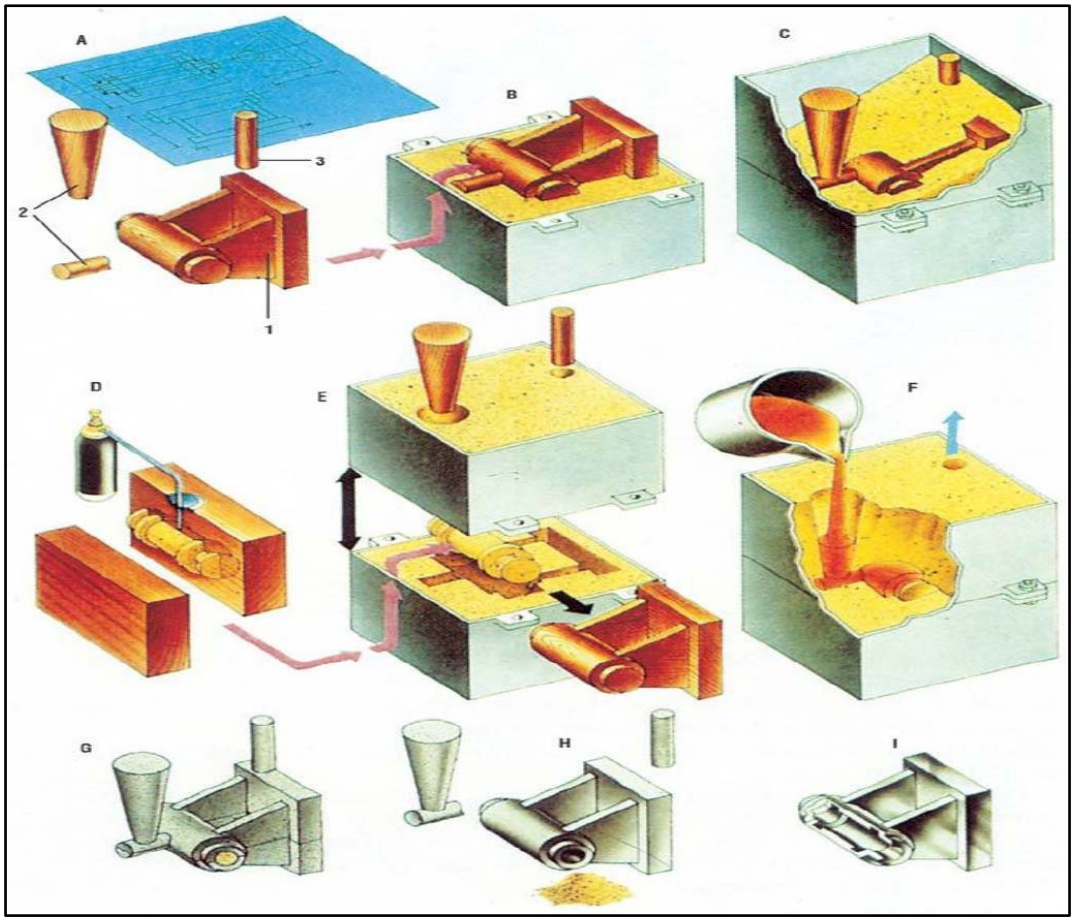


Figura 5. Proceso típico de modelado de fundición con arena (intercambiador de calor).
Fuente: Libro de Fundiciones.
Elaborado por: Julio Alberto Aguilar Schfer.

Con el esquema expuesto en mente, José Castillo Montoya menciona que un problema bien definido, es un problema 50% resuelto, para esta interpretación es propicio acudir a una correcta ***Toma de Decisiones*** (página 06) Para aplicar esta metodología, es menester trasladar el procedimiento descrito hacia una ***CPM*** (Critical Path Metoth, por sus siglas en inglés) con lo que se puede definir el nodo que esá generando mayor conflicto en el desarrollo del procedimiento.

Modelado de fundición con arena para intercambiador de calor					
Actividad	Descripción	Predecesor	Duración [horas]	Primera fecha	
				Inicio	Fin
A	Creación Forma	No tiene	1.000	0.000	1.000
B	Colocación caja inferior	A	0.250	1.000	1.250
C	Colocación caja superior	B	0.250	1.250	1.500
D	Reacción química	C	0.100	1.500	1.600
E	Extracción del corazón	D	0.250	1.600	1.850
F	Vaciado de acero fundido	E	0.450	1.850	2.300
G	Extracción elemento fundido	F	0.250	2.300	2.550
H	Retiro de bebederos	G	0.100	2.550	2.650
I	Producto Final	H	0.100	2.650	2.750

Tabla 1. Actividades para modelar un intercambiador de calor
Fuente: El autor
Elaborado por: El autor

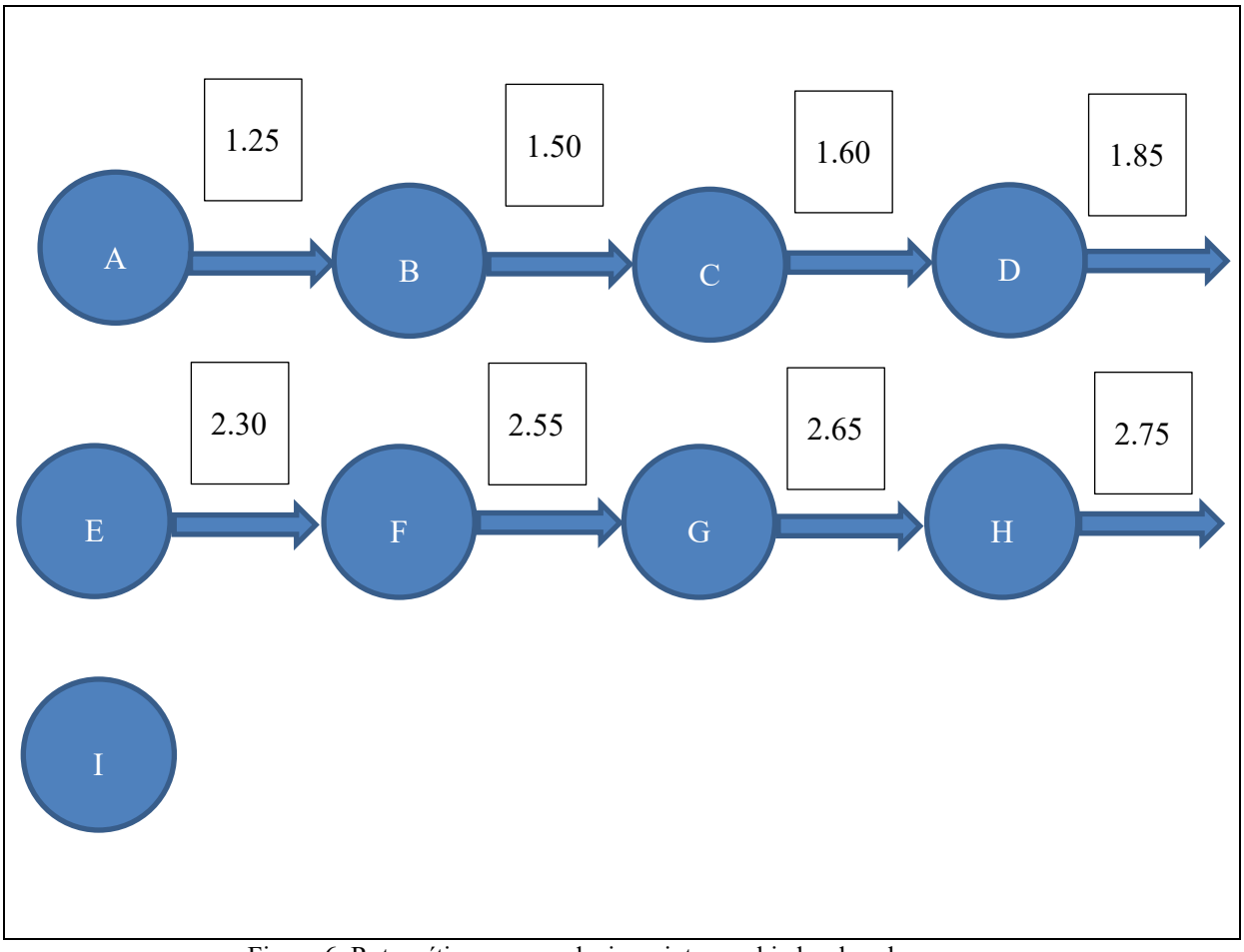


Figura 6. Ruta crítica para producir un intercambiador de calor.
Fuente: El Autor.
Elaborado por: El Autor.

Entonces, se puede establecer que los procesos destinados a la producción del ***Intercambiador de Calor*** poseen una ruta crítica lineal, es decir no hay nodos que limiten o restrinjan la fluidez de las actividades productivas, sin embargo, el ***Nodo F*** puede ser optimizado mediante la incorporación de un ***CPSS***.

Continuando, esta implementación puede ser aplicada desde la perspectiva de las deficiencias citadas por Julio Schafer al momento de verter el acero fundido y que pueden ser, entre otras: sopladuras, puntos de alfiler, corrimiento de molde, corrimiento del corazón y molde agrietado (página 102) La seguridad del trabajador es también otro aspecto importante que se puede mejorar notablemente ya que no estará en contacto con el proceso exotérmico que fácilmente puede alcanzar temperaturas de hasta 2 500 [$°C$] (grados centrígrados).

Figura 7. Procedimiento convencional del vaciado del acero fundido.
Fuente: Factores de riesgo en el sector del metal.
Elaborado por: Asociación de la pequeña y mediana empresa del metal de Navarra.

Ahora bien, existe un último integrante que debe ser convocado a este marco teórico, siendo el protagonista estelar de esta puesta en escena de la ***Aplicación Transvessal de las Tecnologías Geoespaciales a la Industria 4.0***. Es el posicionamiento empleando GNSS (Sistema Global de Navegación por satélite, por sus siglas en inglés); el cual se nutre de la información provista pos diveras ***Constelaciónes de Satelítes Artificiales***, su ***Mecánica Orbital*** está definida en la ***Thesis Proposal*** presentado en su momento ***AIU*** por parte del tesista.

Han sido Michael, Diego, Raúl & Carlos, quienes se han servido de una característica particular de la ***Mecaánica Orbital*** para componer porcesos matemáticos que hacen posible una navegación óptima en entornos urbanos densamente poblados de estructuras esbeltas y vías congesionadas, mediante la recolección de ***Información Multiconstelación*** que permite una triangulación (al menos con cuatro satélites) válida para establecer una georreferencia de escala milimétrica de presición.

Como ellos lo establecen esto es posible gracias a que la posición del satélite se puede propagar en función del teimpo; siguiendo el ***Modelo Geométrico de la Órbita*** y la ***Mecánica del Movimiento*** que allí se desarrolla (Cinemática) (páginas 13 a 15) Existe evidencia comprobada de que se han alcanzado un error promedio de 2 [°] (grados sexagesimales) para determinar "el cielo disponible" a ser observado por el receptor (el ente mecánico).

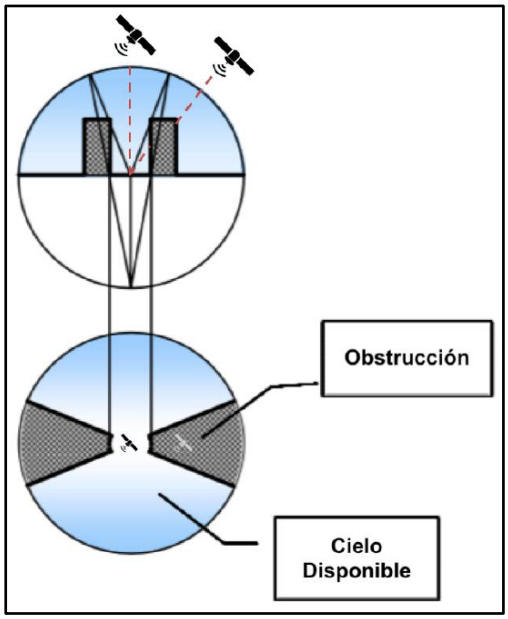


Figura 8. Obstrucción de la señal satelital con la proyección.
Fuente: Revista UIS Ingenierías.
Elaborado por: Grupo de investigación computo avanzado.

Pues bien, por el momento se disponen de cinco ***Modelos Matemáticos de Propagación*** para inferir la ubicación y velocidad de los satélites artificiales, a título informativo, se los enuncia a continuación: SGP, SGP4, SDP4, SGP8 y SDP8 (en todos los casos las siglas son acrónimos de sus iniciales en inglés). Las ecuaciones que están allí contenidas ***Modelan*** el comportamiento y ***Efectos Gravitacionales*** de la luna, el sol y ciertas zonas del modelo de la ***Superficie Equipotencial*** del planeta tierra.

Excelente, con la información que se expone hasta el momento es posible implementar un ***CPSS*** en una nave industrial instalada al interior de un área urbana densamente poblada por edificaciones y tráfico vehicular. Para esto es necesario desarrollar un diseño de ***Ruta Geolocalizada*** a través de la cual el ente mecánico puede desplazarse autónomamente, al ser dotado de un receptor ***GNSS***, a fin de cubrir su asignación en diversas estaciones de trabajo, a saber, ***Verter el Acero*** fundido al interior de los moldes.

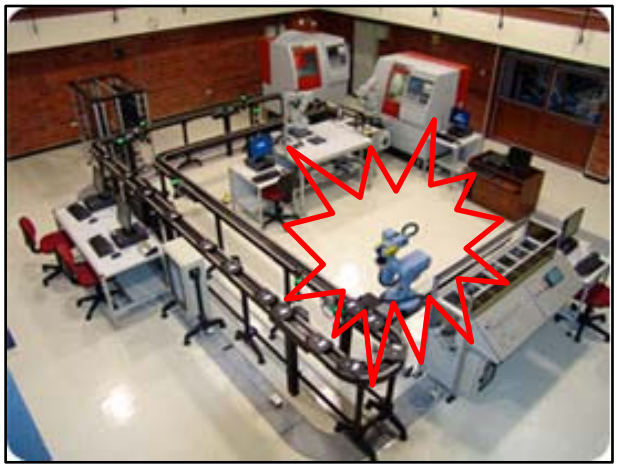


Figura 9. Desplazamiento geolocalizado de un ente mecánico por diversas estaciones de trabajo.
Fuente: Revista CDC SoftwareMéxico ERP y MES.
Elaborado por: Revista CDC SoftwareMéxico ERP y MES.

CAPÍTULO III
HIPÓTESIS

3.1. Planteamiento de la hipótesis

Si es viable proveer a una organización de la ***Aplicación Transversal de las Tecnologías Geoespaciales***, promoviendo sus procesos convencionales a ***CPSS***; entonces evoluciona en ***Industria 4.0***.

Hipótesis de trabajo: Con la implementación de ***CPSS*** al ***Proceso Productivo*** de ***Modelado en Fundición con Arena***, para producir intercambiadores de calor; se eliminan las deficiencias al verter el acero fundido de manera convencional; mejorando así la calidad del producto, optimizando los tiempos y preservando la integridad del operario.

Hipótesis nula: Luego de aplicadas las mejoras en los ***Procesos de Manufactura*** no se evidencia un cambio cualitativo en el acabado superficial del producto, el tiempo de producción es paupérrimo y los índices de incidentabilidad y accidentabilidad a los que se expone el operario no han menguado.

3.2. Variables

Como lo ha explicado Andrés Lara, en el contexto de la ***Estadística Descriptiva***, las variables pueden ser ***Cualitativas*** y ***Cuantitativas***, estas últimas tienen dos subcategorías adicionales como ***Continuas*** y ***Discretas*** (diapositiva 15).

Pues bien, para hacer un estudio pertinente al ***Proceso Productivo*** en análisis se debe ejecutar el control ***Estadístico de la Calidad***, que está orientado a la vigilancia del comportamiento adecuado de las características idóneas para delimitar los índices de calidad pertinentes al campo de aplicación del ***Elemento Industrial*** (intercambiador de calor).

Con lo dicho, la ***Variable Independiente*** para el caso de estudio será la eficacia con la que se deposita al acero fundido empleando ***CPSS*** y la ***Variable Dependiente*** se postula como el ***Acabado Superficial*** y ***Solvencia Estructural*** del intercambiador de calor; la interacción matemática de estas variables arroja la ***Calidad de Conformidad***, es en esta donde el ***Control Estadístico*** encuentra su principal campo de aplicación.

Este campo de aplicación es doble, actuando tanto sobre el producto acabado al igual que en el producto inmerso aún dentro de la dinámica productiva, garantizando de esta manera que el insumo entregado al consumidor final cumpla la filosofía de detección y eliminación del mal producto, empleándose por tanto una ***Óptica de Prevención***.

3.3. Universo de Estudio

Una vez que se han determinado las variables de interés que le competen al ***Proceso Productivo*** en análisis; es hora de limitar el universo de estudio en una ***Categoría Cuantitativa***. Hay varias unidades de observación que se exponen en el inciso subsiguiente restringidas a una población evaluada luego de aplicado el ***CPSS***.

Dichas unidades de observación están categorizadas como un subconjunto representativo que en adelante adquiere la denominación de ***Muestra*** que está compuesta por la ***Media Aritmética*** de la producción reportada semanalmente y que ha sido extraída aleatoriamente durante un mes completo de trabajo (20 días laborables).

3.4. Muestra

Como lo dejan establecido William, Robert y Barbara para determinar el tamaño de la muestra en una población “finita” (>100 000 unidades de observación), es menestear emplear la *Ecuación 01* (página 78):

$$N = \frac{p \times q}{\frac{E^2}{Z^2} + \frac{p \times q}{M}}$$ *Ecuación 01*

En donde:

N = tamaño de la muestra.
Z = desviación estándar (para un intervalo de confianza de 95.55 corresponde a 1.96)
p = hipótesis de la proporción de la población con las mismas características del universo (cuando este parámetro está ausente, se postula hipótesis de 50%)
q = 1-p
E = margen de error que podemos aceptar.
M = tamaño de la población.

El número de unidades de observación durante un mes completo de manufactura de los ***Intercambiadores de Calor*** asciende a ***M=40*** unidades potencialmente hábiles para su entrega al consumidor final (industria), aplicando la *Ecuación 01* resulta pues:

$$N = \frac{0.5 \times 0.5}{\frac{0.06^2}{1.96^2} + \frac{0.5 \times 0.5}{40}}$$

$$N = \frac{0.25}{\frac{0.0036}{3.8416} + \frac{0.25}{40}}$$

$$N = \frac{0.25}{(9.3720 \times 10^{-4}) + 0.00625}$$

$$N = \frac{0.25}{0.007187}$$

$$N = 34.7850$$

$$N \equiv 35$$

Como los cálculos lo dejan demostrado es necesario controlar la ***Calidad Superficial*** y ***Solvencia Estructural*** de ***N=35 de Intercambiadores de Calor***, para poder tener un ***Intervalo de Confianza*** de la interpretación ***Estadística*** igual a 95.55% en cuanto a su ***Calidad de Conformidad***.

CAPÍTULO IV
METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Para emprender la investigación concerniente a la fase de verificación de hipótesis, se elige un ***Diseño de Corte Transversal*** que como lo explican Milena y Fredy consiste en un ***Estudio Observacional*** que pretende atacar dos frentes: el descriptivo y el analítico (páginas 141 a 146) denominado también como una ***Encuesta Transversal***; la meta que alcanza es la de conocer la frecuencia con la que se presenta una anomalía en una ***Población Estudiada***.

Entonces, para que este dato pueda ser colectado de la invstigación es necesario que el investigador mida la variable sobre la ***Unidad de Análisis*** por una sola ocasión; de incurrir en dos o más observaciones el diseño trocará en uno de ***Corte Longitudinal***. Con la aplicación correcta de esta metodología es posible conocer la ***Frecuencia***, ***Magnitud*** y ***Distribución*** de la deficiencia de ***Calidad Superficial y Solvencia Estructural*** del ***Intercambiador de Calor***.

Continuando, es pertinente acotar el ***Tipo de Muestreo*** a emplearse, que de acuerdo a las consideraciones enunciadas en este documento se corresponde al ***Aleatorio Simple***. Según lo destacan Jordi y Enric cuando el estudio ha de ser extrapolado a la ***Población General***, el método demanda que la muestra sea tomada al azar, para garantizar que esta sea representativa (página 71 a 73) De esta manera se puede determinar que la ***Variable Dependiente*** tenga mayor o menor probabilida de ocurrencia.

Además, los elementos muestreados serán elegidos mediante la técnica de ***Números Aleatoriaos***, que pueden ser generados por fuentes tales como tablas o mediante el uso de ordenadores; una razón que puede explicar la convenencia de la elección de éste método es que conceptualmente es el más simple, ya que la selección es azarosa; esto a su vez se ajusta de manera conveninete a que la población en análisis es pequeña, es decir, los 35 ***Intercambiadores de Calor*** que se han calculado previamente.

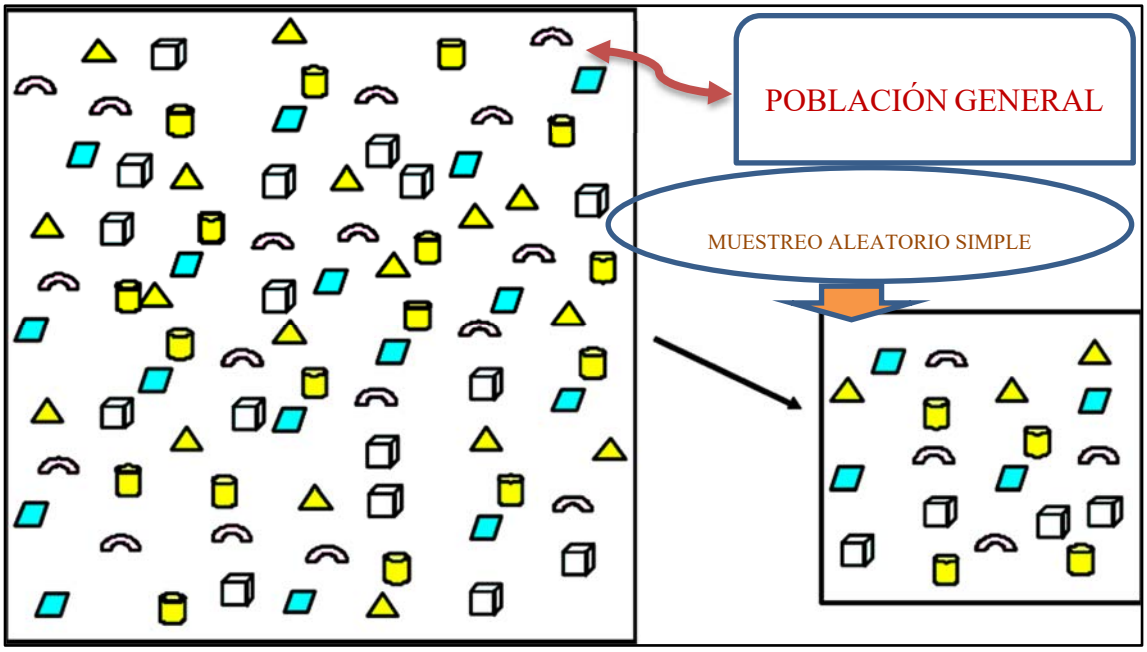


Figura 10. Representación gráfica del muestreo aleatorio simple.
Fuente: Revista Epidemia Médica Preventiva.
Elaborado por: Jordi Casal & Enric Mateu.

Con lo instaurado hasta el momento en la estructura investigativa es propicio insertar también un elemento de uso contundente en la Ingeniería Industrial: ***Investigación de Operaciones*** (IO), que según lo conceptualiza José Castillo Montoya se dedica a la construcción de un modelo matemático: ***Función Objetivo***, la cual puede ser sometida a ***Optimización*** (página 03).

Una ventaja adicional del empleo de la ***IO*** es que permite analizar ***Problemas Tipo***, denominados así porque son de alto grado de concurrencia al interior de las organizaciones. Para el ***Caso de Estudio*** que ocupa a ésta tesis se habla de ***Sistematización y Coordinación de Tareas***.

Por ende el aporte fundamental que la ***IO*** brinda a la ***Metodología de Investigación*** descrita será, como lo ha mencionado Roberto: asignar recursos escasos o limitados entre actividades competitivas de la mejor manera posible (óptima) (página 78-79).

Esto sin olvidar también que es posible calcular ***Modelos de Producción*** y conducir la ***Toma de Decisiones*** en condiciones de riesgo e insertidumbre, recordando siempre que una variación mayor de los datos implica una disminución en calidad de los datos (o sea de la información).

CAPÍTULO V
PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN Y GENERACIÓN DE RESULTADOS

5.1. Presentación gráfica e interpretación de la información obtenida

Ahora bien, con lo dicho el ***Departamento de Control de Calidad*** de la organización aplicando la ***Metodología de Investigación*** demarcada y operando de acuerdo a la ***Sistematización y Control de Tareas*** impuesta por la ***Investigación de Operaciones***, colecta y estructura la tabla obtenida luego de 20 [días] de ***Producción*** en que se manufactura con la implementación de ***CPSS***.

Códigos de verificación de calidad	
Descripción de la anomalí	Código anomalí
Sopladura	08LT1005_SPD
Puntos de alfiler	08LT1005_PAF
Corrimiento del molde	08LT1005_CMD
Corrimiento del corazón	08LT1005_CRC
Grieta del molde	08LT1005_GMD
Caídas de arena	08LT1005_CAR
Penetración	08LT1005_PNT
Producto en conformidad	08LT1005_PCD

Tabla 2. Codificación de errores en la Manufactura de Intercambiadores de Calor.
Fuente: El autor.
Elaborado por: El autor.

Conforme a la codificación expuesta en la *tabla 02*, el producible que genera dicho departamento contempla la ocurrencia de las anomalías en los ***Intercambiadores de Calor***, dando origen a la siguiente secuencia de datos:

Verificación de la calidad durante 20 días del desarrrollo de los procesos productivos						
Muestra	Defecto	Control 1	Control 2	Control 3	Control 4	Control 5
1	4	08LT1005_SPD	08LT1005_CMD	08LT1005_CRC	08LT1005_CAR	08LT1005_PCD
2	3	08LT1005_CMD	08LT1005_GMD	08LT1005_CAR	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD
3	3	08LT1005_GMD	08LT1005_CMD	08LT1005_CMD	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD
4	4	08LT1005_PCD	08LT1005_SPD	08LT1005_GMD	08LT1005_PNT	08LT1005_PAF
5	2	08LT1005_GMD	08LT1005_CAR	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD
6	1	08LT1005_CRC	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD
7	5	08LT1005_PAF	08LT1005_GMD	08LT1005_PNT	08LT1005_CAR	08LT1005_SPD
8	4	08LT1005_CMD	08LT1005_CRC	08LT1005_SPD	08LT1005_CAR	08LT1005_PCD
9	3	08LT1005_CMD	08LT1005_GMD	08LT1005_PNT	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD
10	2	08LT1005_PAF	08LT1005_GMD	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD
11	3	08LT1005_CRC	08LT1005_SPD	08LT1005_CAR	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD
12	2	08LT1005_CAR	08LT1005_GMD	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD
13	3	08LT1005_PNT	08LT1005_CMD	08LT1005_GMD	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD
14	1	08LT1005_PAF	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD
15	3	08LT1005_GMD	08LT1005_CMD	08LT1005_PAF	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD
16	4	08LT1005_CAR	08LT1005_CMD	08LT1005_CRC	08LT1005_SPD	08LT1005_PCD
17	3	08LT1005_SPD	08LT1005_GMD	08LT1005_PAF	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD
18	2	08LT1005_CAR	08LT1005_SPD	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD
19	1	08LT1005_CAR	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD
20	4	08LT1005_PCD	08LT1005_PNT	08LT1005_PAF	08LT1005_GMD	08LT1005_CAR
21	3	08LT1005_CMD	08LT1005_GMD	08LT1005_CMD	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD
22	1	08LT1005_CAR	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD
23	2	08LT1005_PNT	08LT1005_CAR	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD
24	3	08LT1005_CAR	08LT1005_CRC	08LT1005_SPD	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD
25	2	08LT1005_PAF	08LT1005_CMD	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD
26	2	08LT1005_PNT	08LT1005_SPD	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD
27	1	08LT1005_CRC	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD
28	3	08LT1005_CAR	08LT1005_SPD	08LT1005_CRC	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD
29	1	08LT1005_CMD	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD
30	3	08LT1005_CAR	08LT1005_CRC	08LT1005_SPD	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD
31	3	08LT1005_GMD	08LT1005_PAF	08LT1005_CMD	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD
32	4	08LT1005_CAR	08LT1005_PNT	08LT1005_SPD	08LT1005_PAF	08LT1005_PCD
33	2	08LT1005_SPD	08LT1005_PAF	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD
34	3	08LT1005_CRC	08LT1005_SPD	08LT1005_CAR	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD
35	2	08LT1005_PAF	08LT1005_SPD	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD	08LT1005_PCD

Tabla 3. Resumen de control de calidad durante 20 días de desarrollo de procesos productivos.
Fuente: El autor.
Elaborado por: El autor.

5.2. Análisis estadístico de la información

Mediante el empleo del complemento Power Pivot de Microsoft Excel se procedió a realizar un diagrama de asociación de datos, necesario para el ***Análisis Estadístico***, en este se incluyen a todos los medidores involucrados en el ***Monitoreo de la Calidad Superficial*** y ***Solvencia Estructural*** llevado a cabo por el ***Departamento de Calidad*** de la organización, para validar la mejora alcanzada con la implementación del ***CPSS***.

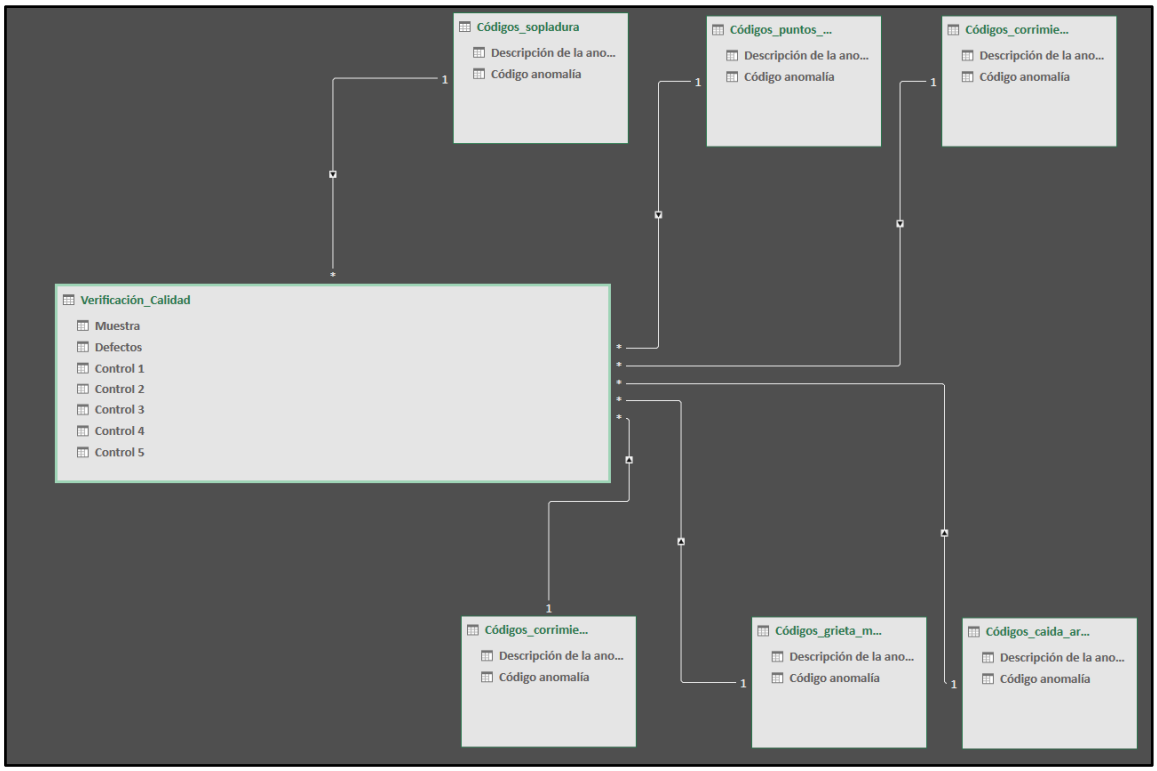
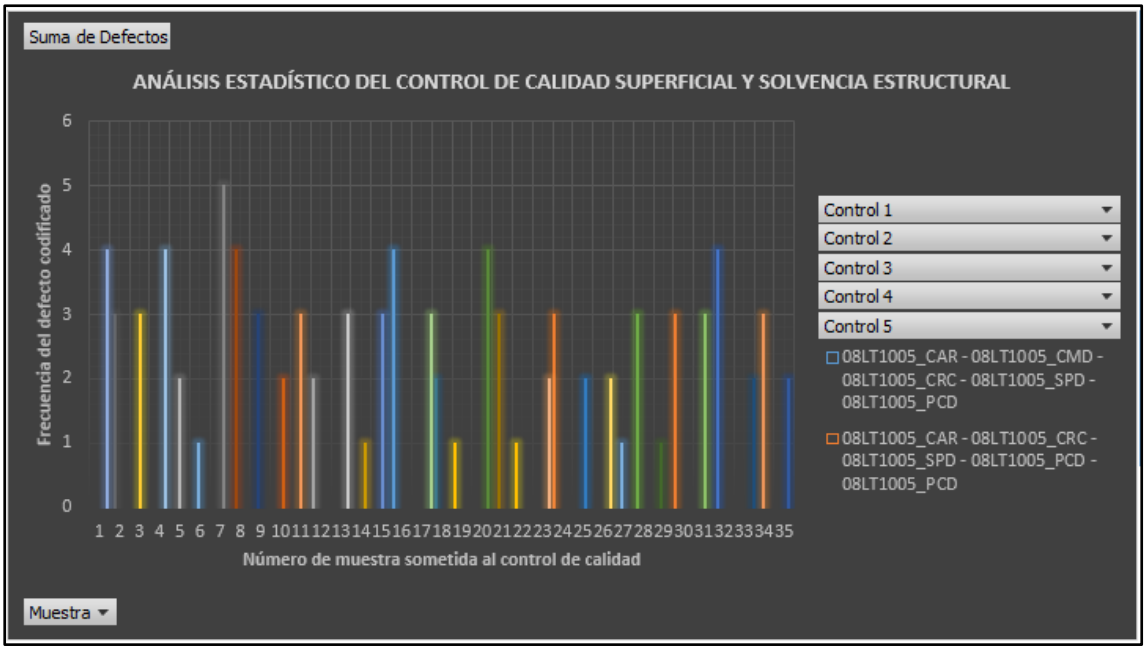


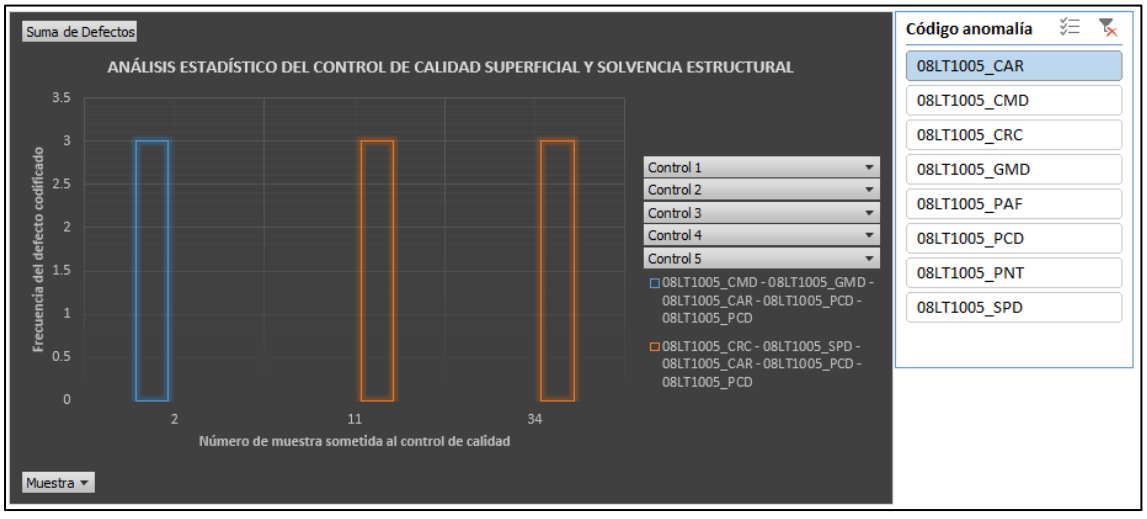
Figura 11. Diagrama de asociación de datos para análisis estadístico.
Fuente: El Autor.
Elaborado por: El Autor.

El empleo de dicha herramienta computacional pretende proveer a esta tesis de un ***Insumo Gráfico*** que permita colegir conclusiones propias de la ***Estadística Descriptiva***, dicho instrumento está estructurada como ***Gráficas de Barras***, en las cuales el eje de las ordenadas contiene a las ***35*** muestras (intercambiadores de calor) que han sido extraídas azarosamente desde su ***Población*** de origen, para así poder evaluar los parámetros condicionados en la *tabla 02*, mientras que el eje de las ordenadas contiene la ***Frecuencia*** con la que se ha presentado los defectos, el ***Valor Mínimo*** de ocurrencia es igual a la unidad, mientras que el ***Valor Máximo*** de la ocurrencia es igual a 5.

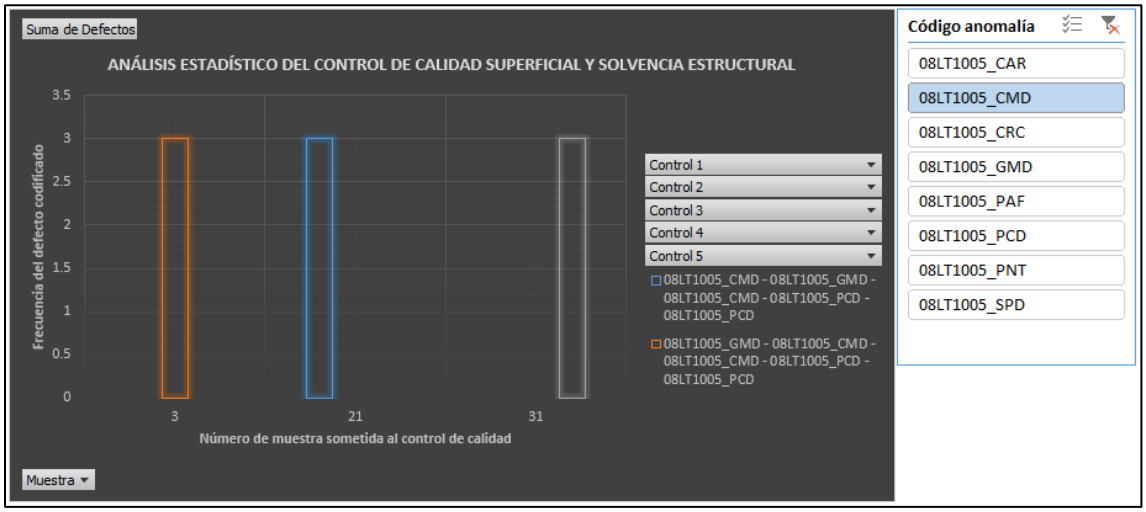


Gráfica 12. Análisis estadístico: control de calidad superficial y solvencia estructural de las 35 muestras.
Fuente: El Autor.
Elaborado por: El Autor.

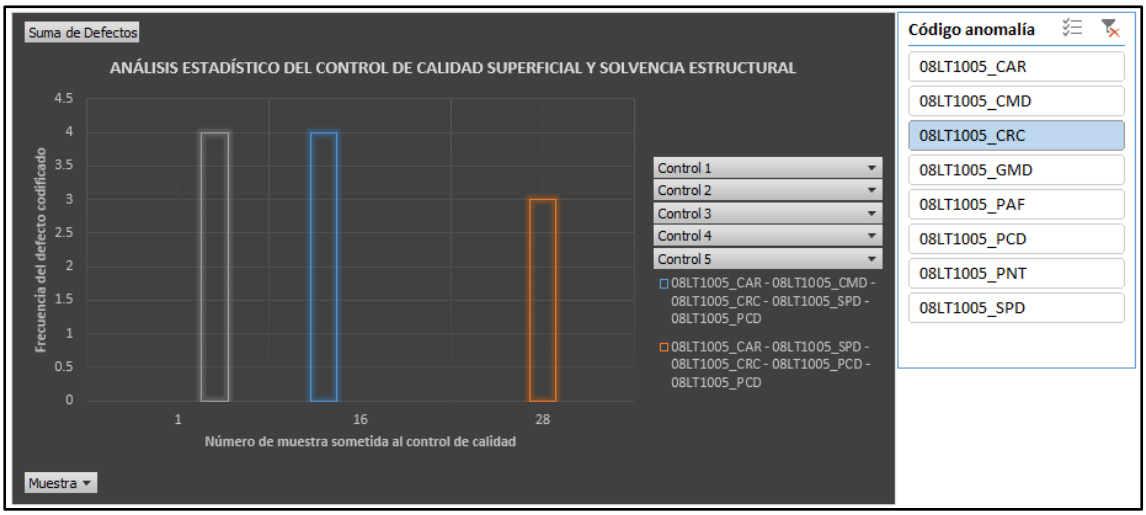
Mediante la inserción de un ***Segmento de Datos*** ("*slicer*" en inglés), es posible realizar un filtrado de la codificación de cada una de las anomalías inmersas en el análisis; de acuerdo a esta premisa se exponen secuencialmente las gráficas derivadas del ***Análisis Estadístico*** en ejecución:



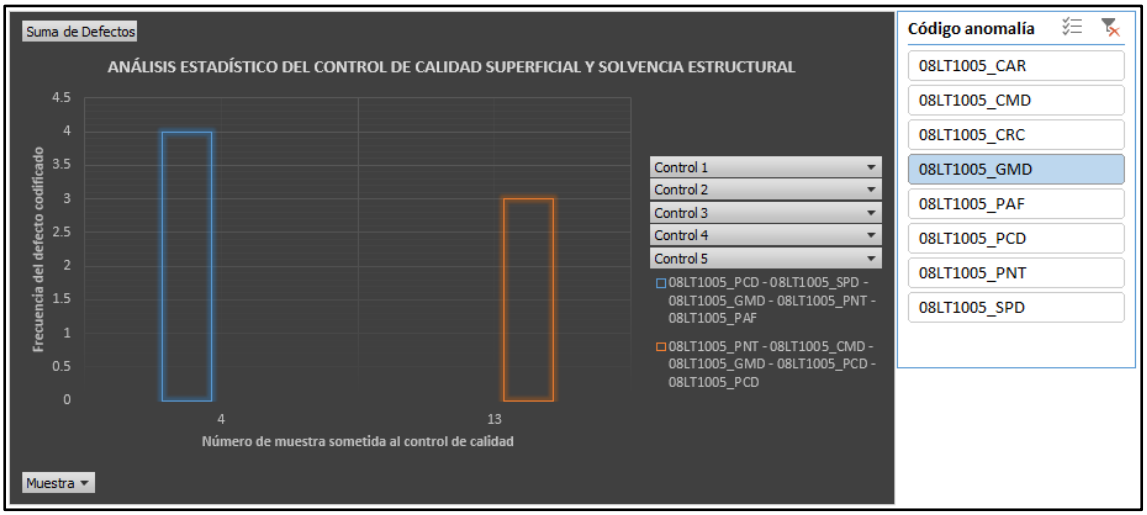
Gráfica 13. Estadístico de la frecuencia de ocurrencia de defectos en muestras: 2,11 y 14.
Fuente: El Autor.
Elaborado por: El Autor.



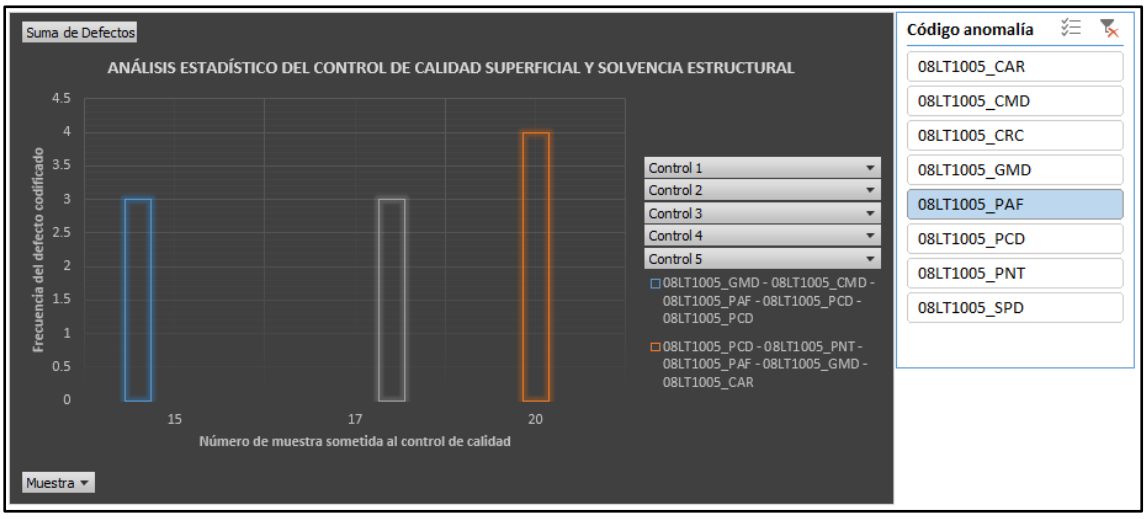
Gráfica 14. Estadístico de la frecuencia de ocurrencia de defectos en muestras: 3,21 y 31.
Fuente: El Autor.
Elaborado por: El Autor.



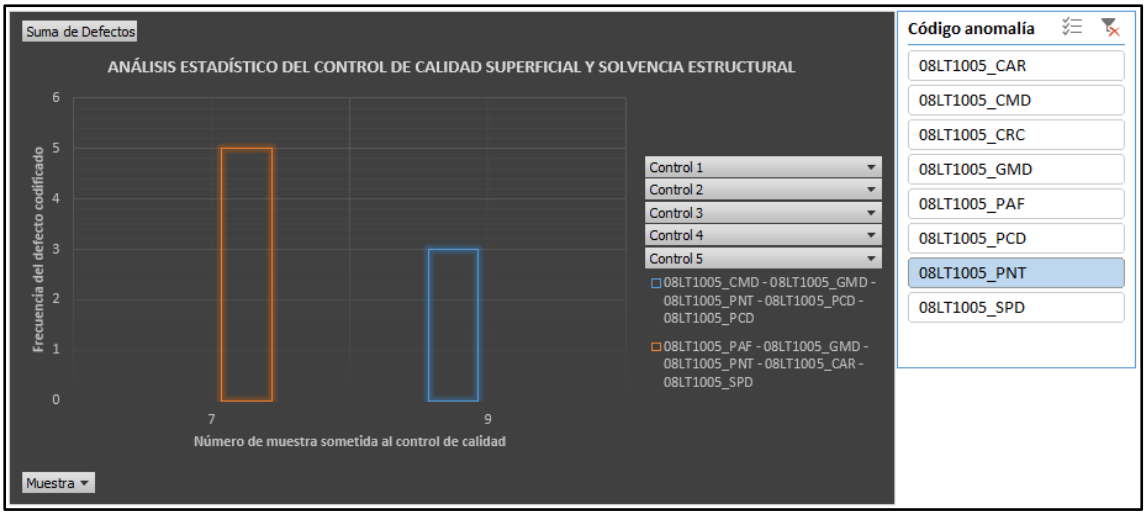
Gráfica 15. Estadístico de la frecuencia de ocurrencia de defectos en muestras: 1,16 y 28.
Fuente: El Autor.
Elaborado por: El Autor.



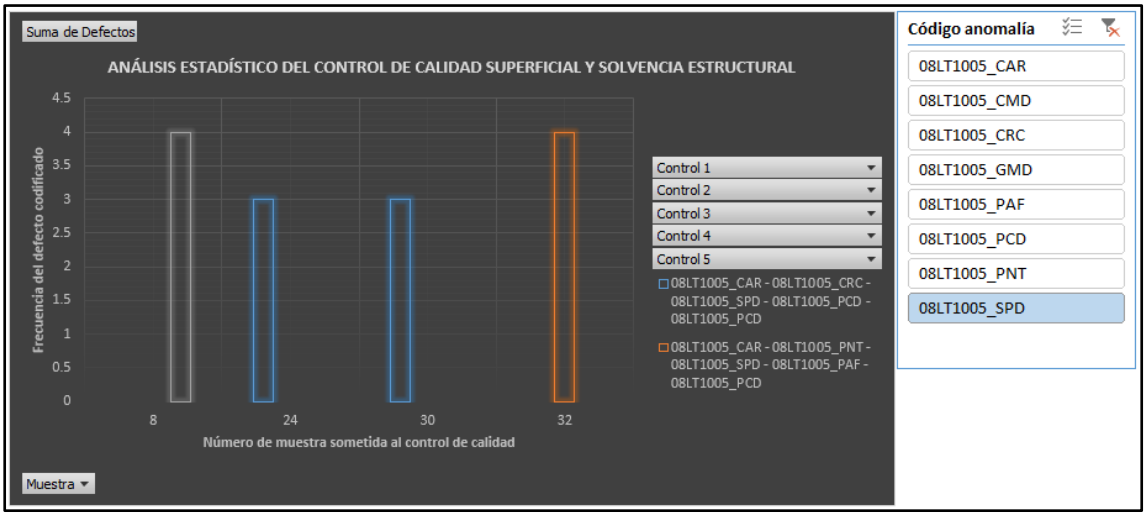
Gráfica 16. Estadístico de la frecuencia de ocurrencia de defectos en muestras: 4 y 13.
Fuente: El Autor.
Elaborado por: El Autor.



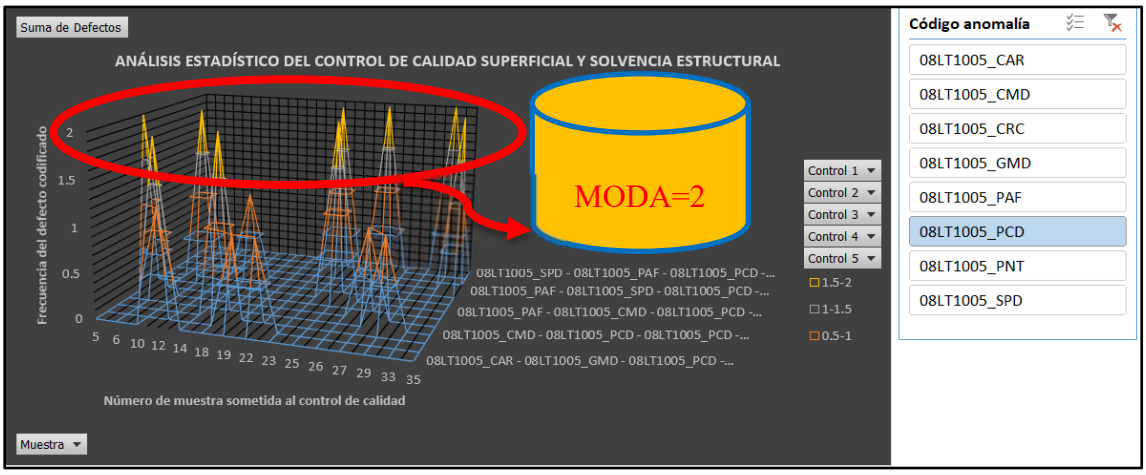
Gráfica 17. Estadístico de la frecuencia de ocurrencia de defectos en muestras: 15, 17, 20.
Fuente: El Autor.
Elaborado por: El Autor.



Gráfica 18. Estadístico de la frecuencia de ocurrencia de defectos en muestras: 7, 9.
Fuente: El Autor.
Elaborado por: El Autor.



Gráfica 19. Estadístico de la frecuencia de ocurrencia de defectos en muestras: 8, 24, 30 y 32.
Fuente: El Autor.
Elaborado por: El Autor.



Gráfica 20. Estadístico de la frecuencia de ocurrencia de **CONFORMIDADES** en muestras: 5, 6, 10, 12, 14, 18, 19, 22, 23, 25, 26, 27, 29, 33, 35.
Fuente: El Autor.
Elaborado por: El Autor.

Pues bien, es importante fijar la mirada sobre esta última ***Gráfica de Barras*** ya que de esta se puede hacer dos ***Interpretaciones Estadísticas*** importantes: la primera es que, de las ***35*** muestras evaluadas al azar, se obtiene que ***15*** de estas presentan un estado de: ***Producto en Conformidad***, lo que en otros términos se puede expresar como un ***42.857%*** de los ***Intercambiadores de Calor*** poseen las prestaciones necesarias y suficientes para su puesta en escena en el mercado ***Industrial***.

El ***Segundo Estadístico*** que se puede traer a colación es aquel en el que figura que la ***Medida de Tendencia Central*** situada en la ***Moda*** de ***Producto en Conformidad*** es igual a 2, es decir, para 9 intercambiadores de calor, 2 de los 5 controles efectuados por el ***Departamento de Calidad*** no presentan defectos.

5.3. Métodos matemáticos para el análisis de datos

El ***Método Matemático*** para el ***Análisis de Datos***, hecha mano de la herramienta conocida como ***Regresión Lineal Simple*** (RLS en adelante), que a decir de Salazar & Del Castillo es una técnica capaz de estimar o predecir una ***Variable Cuantitativa*** en función de otra ***Variable Cuantitativa***.

Entonces, para la composición de la ***RLS*** es propicio acudir a los datos estructurados a continuación, los cuales detallan únicamente el ***Valor Ordinal*** del número de muestra observada y la ***Cantidad de Defectos*** hallada en estas:

Muestr	Defecto
1	4
2	3
3	3
4	4
5	2
6	1
7	5
8	4
9	3
10	2
11	3
12	2
13	3
14	1
15	3
16	4
17	3
18	2
19	1
20	4
21	3
22	1
23	2
24	3
25	2
26	2
27	1
28	3
29	1
30	3
31	3
32	4
33	2
34	3
35	2
Total	92

Tabla 4. Registro de defectos hallados durante el monitoreo efectuado por el Departamento de Calidad.
Fuente: El autor.
Elaborado por: El autor.

Adicional a esta fuente de datos, es menester emplear tres ecuaciones destinadas a componer una segunda secuencia de referencias, las cuales convergen hacia el ***Modelo Matemático*** requerido.

$$LCS = C + 3\sqrt{C} \qquad \textit{Ecuación 02}$$

$$LCI = C - 3\sqrt{C} \qquad \textit{Ecuación 03}$$

$$C = \frac{Número\ de\ defectos}{Número\ de\ muestras} \qquad \textit{Ecuación 04}$$

En donde:

C = límite central.
LCS = límite superior.
LCI = límite inferior.
LC = límite central.

Ahora bien, a través de la definición de estos parámetros y el desarrollo de los cálculos estipulados por las *Ecuaciones 02, 03 y 04*, es posible generar las tablas que expuestas a continuación:

Parámetro	Resultado
C=	2.62857143
LCS=	7.49243233
LCI=	-2.2352895
LC=	2.62857143

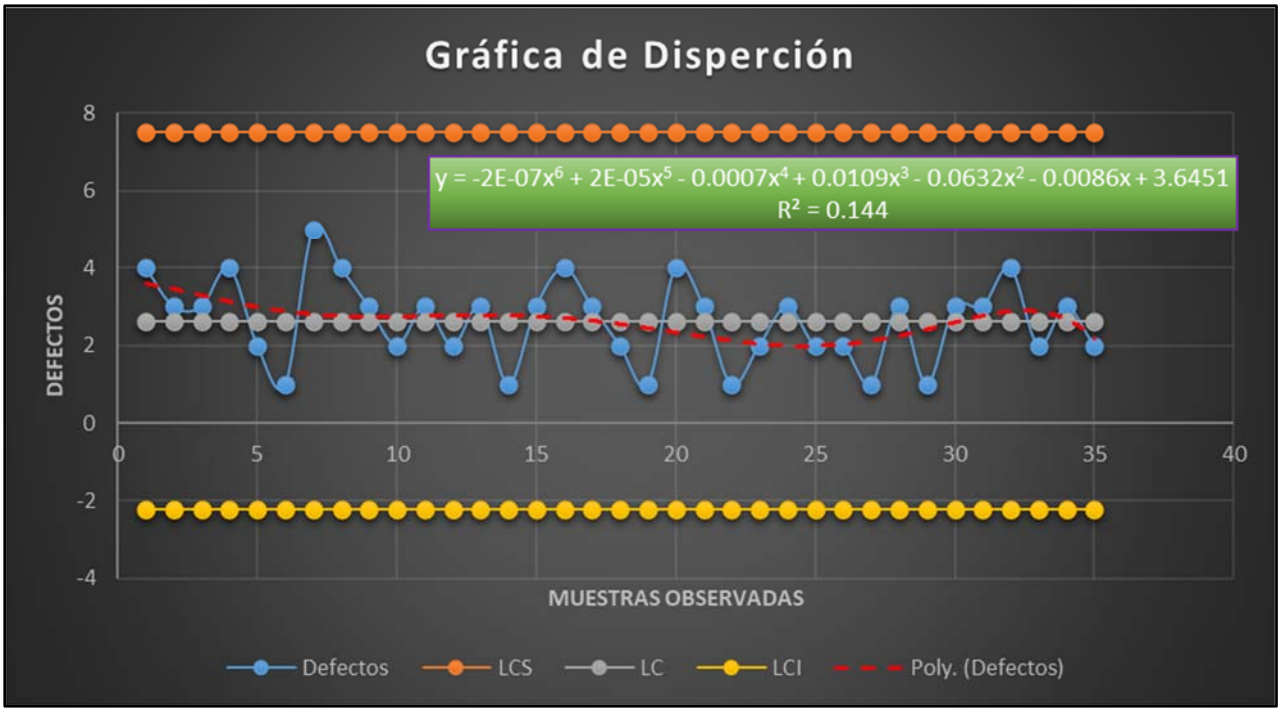
Tabla 5. Resultado de los cálculos obtenidos mediante las ecuaciones 02, 03 y 04.
Fuente: El autor.
Elaborado por: El autor.

Continuando, las cifras calculadas en la tabla precedente, fungen como un mecanismo de control que permite evaluar las condiciones límite a las cuales el ***Modelo Matemático*** se somete, restringiendo su comportamiento a un rango calculado linealmente, mediante el cual la organización puede realizar el ***Análisis Ingenieril*** correspondiente, para que estos datos puedan ser incorporados a la ***Gráfica de Dispersión***, se serializan y distribuyen en magnitud equivalente a la cantidad ***N*** de muestras que han sido observadas durante todos los procesos enunciados.

LCS	LC	LCI
7.492432	2.628571	-2.23529
7.492432	2.628571	-2.23529
7.492432	2.628571	-2.23529
7.492432	2.628571	-2.23529
7.492432	2.628571	-2.23529
7.492432	2.628571	-2.23529
7.492432	2.628571	-2.23529
7.492432	2.628571	-2.23529
7.492432	2.628571	-2.23529
7.492432	2.628571	-2.23529
7.492432	2.628571	-2.23529
7.492432	2.628571	-2.23529
7.492432	2.628571	-2.23529
7.492432	2.628571	-2.23529
7.492432	2.628571	-2.23529
7.492432	2.628571	-2.23529
7.492432	2.628571	-2.23529
7.492432	2.628571	-2.23529
7.492432	2.628571	-2.23529
7.492432	2.628571	-2.23529
7.492432	2.628571	-2.23529
7.492432	2.628571	-2.23529
7.492432	2.628571	-2.23529
7.492432	2.628571	-2.23529
7.492432	2.628571	-2.23529
7.492432	2.628571	-2.23529
7.492432	2.628571	-2.23529
7.492432	2.628571	-2.23529
7.492432	2.628571	-2.23529
7.492432	2.628571	-2.23529
7.492432	2.628571	-2.23529
7.492432	2.628571	-2.23529
7.492432	2.628571	-2.23529
7.492432	2.628571	-2.23529
7.492432	2.628571	-2.23529

Tabla 6. Recombinación de los límites central, superior e inferior del modelo matemático.
Fuente: El autor.
Elaborado por: El autor.

Finalmente, todos estos cálculos ven su aplicación práctica al integrar la ***RLS*** demandada por este documento, mediante la cual es posible obtener un ***Modelo Matemático*** que define el comportamiento de la implementación del ***CPSS***, en lo que se conoce como una ***Función Polinomial de Sexto Grado***.



Gráfica 21. Regresión lineal simple, modelo matemático y coeficiente de correlación de Pearson para el CPSS implementado.
Fuente: El Autor.
Elaborado por: El Autor.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

- ✓ Una de las ***Aplicaciones Transversales*** que tienen las ***Tecnología Geoespaciales*** en la ***Industria 4.0*** consiste en el desarrollo de ***Sistemas Cyber-Físicos de Producción***.
- ✓ De la ***Ciencia Médica*** ha sido posible abstraer el empleo de comunicaciones mediante ***Satélites Geoestacionarios*** capaces de generar un ***Laso Cerrado*** de comunicación entre un ***Ente Mecánico*** y un entorno ***Virtual de Mando Remoto***.
- ✓ Para crear conciencia de un ***Proceso Productivo*** es posible utilizar información provista por el ***Sistema Global de Navegación por Satélite***, que proporciona "la data" en tiempo real a cerca del ***Posicionamiento Geográfico*** de un ***Ente Mecánico***, con lo cual puede ser programado para desplazarse el interior de la nave industrial, constituyendo de esta manera una ***Célula Flexible de Manufactura***.
- ✓ La ***Hipótesis de Trabajo*** queda demostrada con la ***Interpretación Estadística*** de los datos levantados por el ***Departamento de Calidad***, misma que sitúa la ***Conformidad*** de la ***Manufactura de los Intercambiadores de Calor*** luego de implementado el ***CPSS*** en un ***42.857%***.
- ✓ Mediante la aplicación de la ***Herramienta Estadística***: ***Regresión Lineal Simple*** ha sido posible construir un ***Modelo Matemático*** que pronostica el comportamiento de la puesta en escena del ***CPSS***, el cual se constituye en una ***Función Polinómica de Sexto Grado*** con la siguiente estructura algebraica: $y = -2E\text{-}07x^6 + 2E\text{-}05x^5 - 0.0007x^4 + 0.0109x^3 - 0.0632x^2 - 0.0086x + 3.6451$.
- ✓ El ***Proceso Productivo Convencional*** de ***Modelado con Fundición de Arena***, muta en una metodología cobijada por la ***Industria 4.0*** que ha compuesto como uno de sus principales agentes de cambio del ***Paradina Industrial*** vigente a los ***Sistemas Cyber-Físicos de Producción***.

CAPÍTULO VII

REFERENCIAS DOCUMENTALES

Aguilar Schafer, J. A. (2016). *Fundición* . Bogotá: Ediciones del Pacífico.

Alvarado Franco, D. Z. (2015). *Un Análisis Tecnológico de la Telecirugía Laparoscópica.* Guatemala: Universidad San Carlos de Guatemala.

Battelini, R., Falk, V., & Mohr, F. (2018). Cirugía Coronaria Miniinvasiva asistida por computadora. *Revista Argentina de Cardiología*, 4-5.

Bonillo, D. (2016). *Procesos de Manufactura* . Guayana: Instituto Universitario Politécnico "Santiago Mariño".

Calderón Mora, J. B. (2016). IX Congreso Panamericano de Esterilización. *El Robot da Vinci: Lo que debemos saber* (págs. 13-18). Bogotá: Fundación Universitaria del Área Andina.

Carro, R. (2017). *Investigación de Operaciones en Administración.* Mar del Plata: PINCU.

Casal , J., & Meteu, E. (2013). Tipos de Muestreo. *CReSA. Universidad Autónoma de Barcelona. Departamento de Sanidad y Anatomía de Animales*, 4-8.

Castillo A., Castillo C., & Vidal M., I. (2017). Cirugía Robótica. *Revista Chilena de Cirugía*, 88-90.

Castillo Montoya, J. (2020). *Operations Research. Focus on Simplex Method.* Quito: Atantic International University.

Castillo Montoya, J. (2020). *Transversal Application of Geospace.* Quito: AIU.

Castillo Montoya, J. R. (2015). *Introduction to Industrial Engineering.* Lago Agrio: AIU .

Chandy, J. C. (2010). *Challenges in the Desing of Cyber-Physical Systems.* Connecticut: Connecticut University.

Cruz Salazar, L. A. (2018). *The future of the intellignet industry based on Cyber Physical Production Systems CPSS.* Munchen: Technische Univesitat Munchen.

Lara Calle, A. (20 de Marzo de 2020). Estadística Descriptiva. Quito , Pichincha, Ecuador.

Mendenhall, W., Beaver, R., & Beaver M., B. (2016). *Introducción a la Probabilidad y Estadística.* México: CENAGE Learning.

Rodríguez , M., & Mendivelso, F. (2018). Diseño de Investigación de Corte Transversal. *Tópicos en Investigación Clínica*, 141 a 147.

Rueda, D., Ramos Raúl, Puentes , M., & Barrios, C. (2019). *Mission planning with multiconstellation for urban enviroments.* Santander: Universidad industrial de Santander.

Salazar, C., & Del Castillo, S. (2018). *Fundamentos Básicos de Estadística.* Quito: Universidad Central del Ecuador.

Universidad Pontificia Bolivariana. (17 de Julio de 2019). *Adimenliakorra*. Obtenido de http://www.adimenlehiakorra.eus/documents/29934/43025/CPS+Cyber-Physical+Systems.pdf/1651f25b-4767-4982-9267-e2d2ee41ed8f

ANEXOS

Código de fuente básico para accionamiento de un ente mecánico

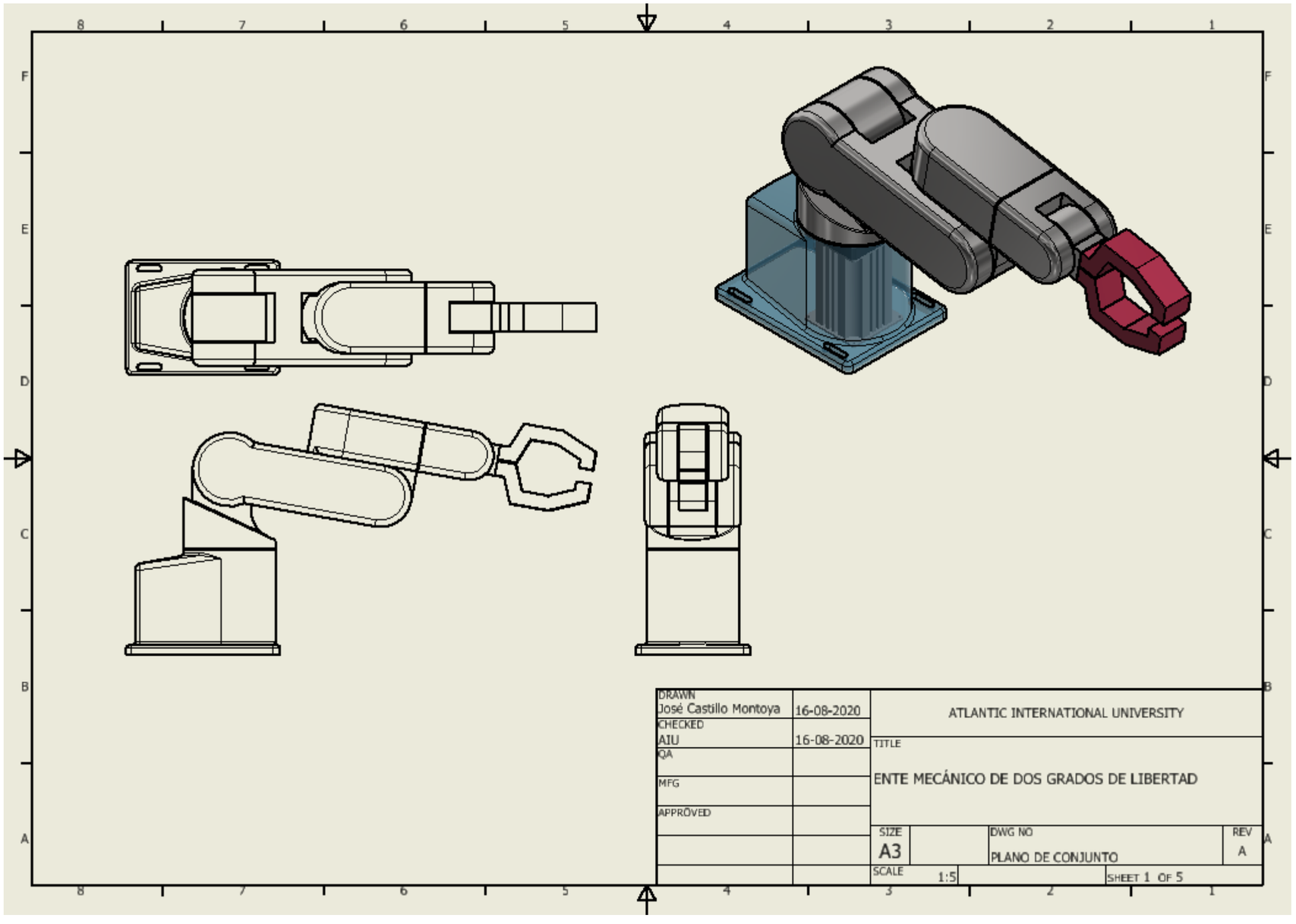
```
# include <stdio.h>

# include <stdlib.h>

# include <conio.h>



/* Atlantic International University */

/* School of Science and Engineerin */

/* Anexo 01: Programación básica para el accionamiento de un Ente Mecánico */

/* Tres grados de libertad de movimiento */

/* Desarrollado por José Castillo Montoya */

/* Sistemas Cyber-Físcios de Producción */


main ()

{

   int x, y ;

   printf ( "Programa para accionar un Ente Mec%cnico \n", 160 ) ;

   printf ( "Desarrollado por Jos%c Castillo Montoya \n", 130 ) ;

   printf ( "Por favor, seleccione una de las siguientes opciones \n" ) ;

   printf ( "1.- Moverse en direcci%cn x \n", 162 ) ;

   printf ( "2.- Moverse en direcci%cn y \n", 162) ;

   printf ( "3.- Moverse en direcci%cn -x \n ", 162) ;

   printf ( "4.- Moverse en direcci%cn -y \n", 162) ;

   int opcion ;

   int pasos ;
```

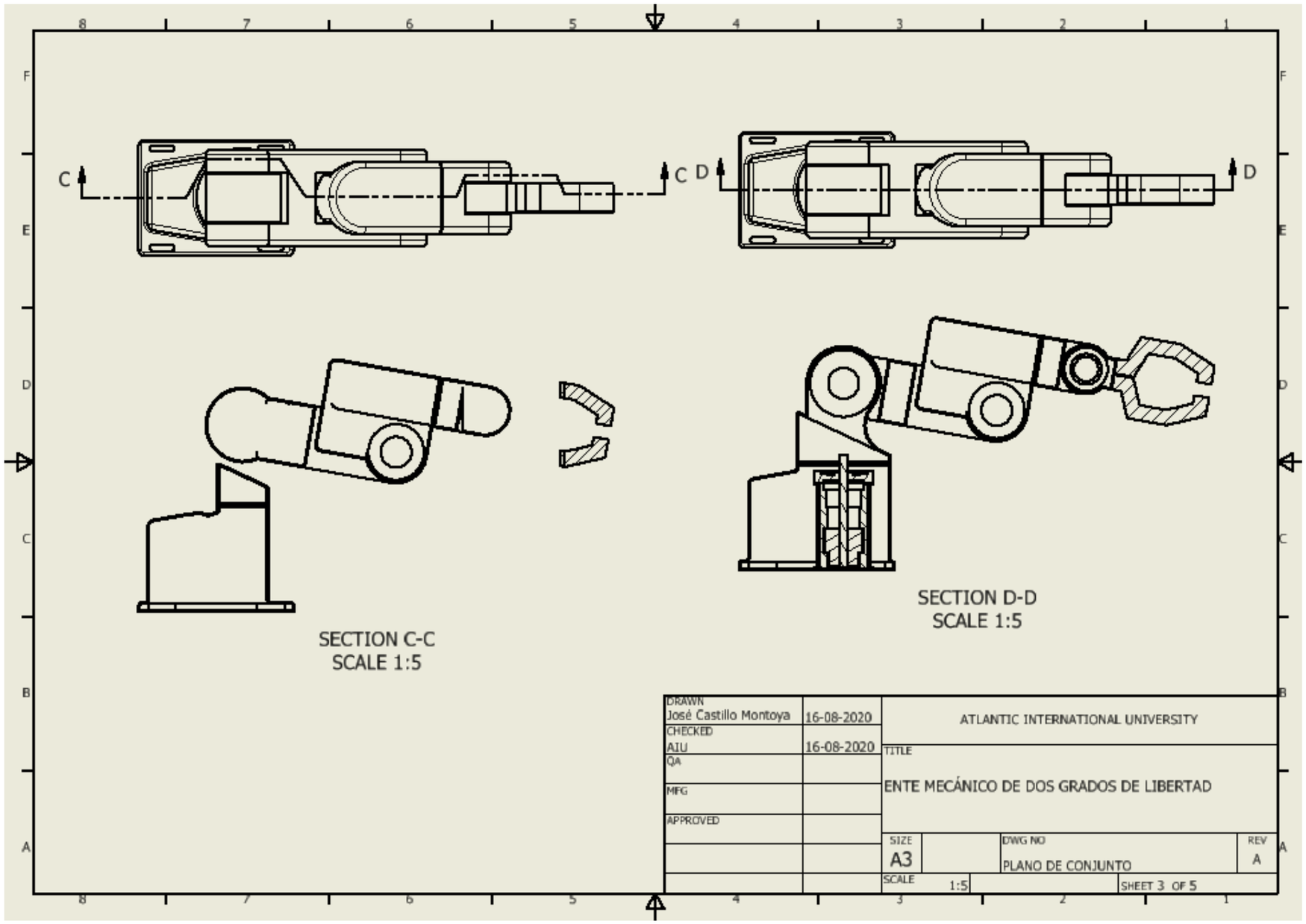
```
int i ;
opcion = 0 ;

do {
   printf ( "Selecciona la opcion" ) ;
   scanf ( "%d", &opcion ) ;
   switch ( opcion ){
   case 1:
   printf ( "Usted ha seleccionado la opcion 1 \n" ) ;
   printf ( "¿Cuantos pasos desea moverse en esta dirccion?" ) ;
   scanf ( "%d", &pasos) ;
   for ( i=1; i<= pasos; i++){
      printf ( "El robot se desplazo %d pasos a la x \n", i) ;
   }
   system ( "pause" ) ;
   system ( "cls" ) ;
   menu () ;

   break;
case 2:
   printf ( "Usted ha seleccionado la opcion 2 \n" ) ;
   printf ( "¿Cuántos pasos desea moverse en esta dirccion?" ) ;
   scanf ( "%d", &pasos) ;
   for ( i=1; i<= pasos; i++){
      printf ( "El robot se desplazo %d pasos a la y \n", i) ;
   }
```

```
    system ( "pause" ) ;
    system ( "cls" ) ;
    menu () ;
    break;
case 3:
    printf ( "Usted ha seleccionado la opcion 3 \n" ) ;
    printf ( "¿Cuántos pasos desea moverse en esta dirccion?" ) ;
    scanf ( "%d", &pasos) ;
    for ( i=1; i<= pasos; i++){
       printf ( "El robot se desplazo %d pasos a la -x \n", i) ;
    }
    system ( "pause" ) ;
    system ( "cls" ) ;
    menu () ;
    break;
case 4:
    printf ( "Usted ha seleccionado la opcion 4 \n" ) ;
    printf ( "¿Cuántos pasos desea moverse en esta dirccion?" ) ;
    scanf ( "%d", &pasos) ;
    for ( i=1; i<= pasos; i++){
       printf ( "El robot se desplazo %d pasos a la -y \n", i) ;
    }
    system ( "pause" ) ;
    system ( "cls" ) ;
    menu () ;
    break;
```

```
    case 5:
        printf ( "Gracias por usar este producto \n" ) ;
        system ( "pause" ) ;
        break;
    default:
        printf ( "Opci%c incorrecta", 162 ) ;
        break;

   }
    } while ( opcion != 5) ;

   return 0;
}



void menu (){
    printf ( "Programa para accionar un brazo rob%ctico \n", 162 ) ;
    printf ( "Desarrollado por Jos%c Castillo Montoya \n", 130 ) ;
    printf ( "Por favor, seleccione una de las siguientes opciones \n" ) ;
    printf ( "1.- Moverse en direcci%cn x \n", 162 ) ;
    printf ( "2.- Moverse en direcci%cn y \n", 162) ;
    printf ( "3.- Moverse en direcci%cn -x \n ", 162) ;
    printf ( "4.- Moverse en direcci%cn -y \n", 162) ;
}
```

Planos de conjunto de ente mecánico de dos grados de libertad (Inventor Porfessional)




C
C
D
D
SECTION C-C
SCALE 1:5
SECTION D-D
SCALE 1:5
DRAWN
José Castillo Montoya
16-08-2020
CHECKED
AIU
16-08-2020
QA
MFG
APPROVED
ATLANTIC INTERNATIONAL UNIVERSITY
TITLE
ENTE MECÁNICO DE DOS GRADOS DE LIBERTAD
SIZE
A3
DWG NO
PLANO DE CONJUNTO
REV
A
SCALE
1:5
SHEET 3 OF 5