



FACULTAD DE POSGRADOS

DISEÑO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PROTOTIPOS,
EMPLEANDO LA TECNOLOGÍA MANUFACTURERA DEL LABORATORIO
DE UNA INSTITUCIÓN EDUCATIVA

AUTOR

Iván Andrés Salazar Torres

AÑO

2018



FACULTAD DE POSGRADOS

DISEÑO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE PROTOTIPOS,
EMPLEANDO LA TECNOLOGÍA MANUFACTURERA DEL LABORATORIO DE
UNA INSTITUCIÓN EDUCATIVA

Trabajo de Titulación presentado en conformidad con los requisitos
establecidos para optar por el título de Magister en Dirección de Operaciones y
Seguridad Industrial

Profesor Guía

MDO. José Antonio Toscano Romero

Autor

Iván Andrés Salazar Torres

Año

2018

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUÍA

“Declaro haber dirigido el trabajo Diseño del proceso de producción de prototipos, empleando la tecnología manufacturera del laboratorio de una Institución Educativa, a través de reuniones periódicas con el estudiante Iván Andrés Salazar Torres, en el semestre 2018-01, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”.

José Antonio Toscano Romero
Magister en Dirección de Operaciones y Seguridad Industrial
C.I. 1715195283

DECLARACIÓN DEL PROFESOR CORRECTOR

“Declaro haber revisado este trabajo, Diseño del proceso de producción de prototipos, empleando la tecnología manufacturera del laboratorio de una Institución Educativa, del estudiante Iván Andrés Salazar Torres, en el semestre 2018-01, dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación”

Mauricio Hernán Rojas Dávalos
Magister en Ingeniería Industrial
C.I. 1708880495

DECLARACIÓN DE AUTORÍA DEL ESTUDIANTE

“Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes”.

Iván Andrés Salazar Torres

C.I. 1720131554

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo agradezco a Dios por guiarme y bendecirme siempre en mi camino.

A mi amada Esposa, por su paciencia y apoyo.

A mis Padres, por su incondicional apoyo y enseñanzas para la vida.

A mi Tutor por su paciencia, criterio y colaboración para el éxito de este proyecto de titulación

DEDICATORIA

Para ti mi pequeña preciosísima,
Isabella, luz de mi vida.

RESUMEN

El presente proyecto de titulación tiene como propósito diseñar el proceso de producción de prototipos para el laboratorio de una Institución Educativa.

El mencionado laboratorio de la Institución Educativa consta de 4 máquinas, cuyo propósito es el maquinado de prototipos de pequeña escala y de materiales generalmente plásticos.

Se identificó la necesidad de una implementación de gestión por procesos, ya que el laboratorio de la institución educativa no cuenta con un sistema plenamente identificable; a través del levantamiento de procesos actuales y se realizó una propuesta basada en los resultados obtenidos, reestructurando, fusionando y simplificando procesos y actividades con el propósito de lograr mejores resultados en tiempo y calidad de los prototipos maquinados en el laboratorio de la Institución Educativa. Esto se lo pudo comprobar mediante simulación.

La propuesta del proceso productivo se enfocó en el ámbito de aprendizaje, buscando que los usuarios que utilicen las instalaciones de prototipado del laboratorio aprovechen al máximo los recursos.

Se logró una mejora global en tiempos de producción en un 14%.

ABSTRACT

The purpose of this project is the design the prototype production process for the laboratory of an Educational Institution.

The mentioned laboratory consists of 4 machines, whose purpose is the machining of small-scale prototypes of generally plastic materials.

The need for a process management implementation was identified, since the laboratory does not have a fully identifiable system; through the survey of current processes and a proposal was made based on the obtained results, restructuring, merging and simplifying processes and activities in order to achieve better results in time and quality of the prototypes machined in the laboratory. This could be verified by simulation.

It should be realized that the laboratory being an educational tool, the proposal of the production process was focused on the learning environment, looking for users who use the facilities of prototyping exploit resources in the best way.

A global improvement in production times was achieved by 14%.

ÍNDICE

Introducción.....	1
1. Situación Actual.....	2
1.1. Antecedentes	2
1.2. Planteamiento del Problema.....	3
1.3. Alcance	4
1.4. Justificación.....	5
1.5. Objetivos	5
1.5.1. Objetivo General.....	5
1.5.2. Objetivos Específicos	6
1.6. Metodología Aplicada	6
2. Marco Teórico	7
2.1. Proceso	7
2.2. Clasificación De Los Procesos	8
2.2.1. Proceso Estratégico.....	9
2.2.2. Proceso Clave	9
2.2.3. Proceso de Apoyo	9
2.2.4. Por las Áreas Involucradas.....	10
2.2.5. Actividad	11
2.2.6. Tarea	11
2.3. Principios de Gestión por Procesos.....	11
2.4. Control de los Procesos	13
2.5. Mejora de Procesos	14

2.5.1. Indicadores Claves de Gestión.....	16
2.6. Mapas de Proceso	17
2.7. Prototipo.....	18
2.7.1. Funciones de un Prototipo.....	19
2.7.2. Tipos de Prototipo.....	19
3. Situación Actual.....	20
3.1. Filosofía Organizacional	20
3.1.1. Misión Y Visión	20
3.1.2. Objetivos Estratégicos	21
3.2. Composición del Laboratorio de la Institución	21
3.2.1. Generalidades	21
3.2.1.1. Fresadora.....	22
3.2.1.2. Scanner 3D	25
3.2.1.3. Impresora 3D	29
3.2.2. Modelado De Prueba.....	31
3.2.3. Comentarios	33
3.2.4. Layout.....	35
3.3. Análisis del Proceso Productivo	36
3.4. Levantamiento De Procesos.....	36
3.4.1. Recopilación de la Información.....	38
3.4.2. Mapa de Procesos.....	40
3.4.3. Inventario de Procesos	41
3.4.4. Análisis de Valor Agregado	42
3.4.5. Análisis de Procesos Actuales.....	53
3.5. Medición de Desempeño.....	75

3.5.1. Uso	75
3.5.2. Mantenibilidad.....	76
3.6. Evaluación.....	77
4. Desarrollo de una Propuesta de Optimización.....	79
4.1. Análisis de Causa Raíz	79
4.2. Propuestas de Remediación	81
4.2.1. Filosofía Organizacional	81
4.2.1.1. Misión.....	82
4.2.1.2. Visión	82
4.2.1.3. Objetivos Estratégicos	82
4.2.2. Levantamiento de Procesos	83
4.2.2.1. Caracterización de Procesos	83
4.2.2.2. Replanteo de Procesos.....	84
4.2.2.3. Mapa de Procesos	86
4.2.3. Propuesta de Inventario de Procesos.....	87
4.2.4. Descripción de Propuesta.....	89
4.2.4.1. Macroprocesos Estratégicos	90
4.2.4.2. Macroprocesos Agregadores de Valor.....	92
4.2.4.3. Procesos de Apoyo	111
4.3. Creación de Nuevos Indicadores.....	117
4.3.1. Indicadores Operativos.....	118
4.3.2. Indicadores Estratégicos	136
4.4. Plan de Acción	141
4.4.1. Elaboración de Uso de Equipos del Área de Prototipado	141
4.4.2. Gestión de Actividades	142

4.4.2.1.	Funciones de Estudiante.....	143
4.4.2.2.	Funciones del Ayudante de Laboratorio.....	143
4.4.2.3.	Funciones del Director de la Institución	144
5.	Análisis de los Resultados	145
5.1.	Simulación de la Situación Actual.....	145
5.1.1.	Simulación Macroproceso de Modelado	146
5.1.2.	Simulación Macroproceso de Uso de Laboratorio	147
5.1.3.	Simulación Macroproceso de Maquinado.....	148
5.2.	Simulación de Propuesta.....	150
5.2.1.	Simulación Macroproceso Preliminares.....	151
5.2.2.	Simulación Macroproceso Selección	155
5.2.3.	Simulación Macroproceso Ejecución	156
5.2.4.	Simulación Macroproceso Entrega	157
5.3.	Análisis de los Resultados.....	159
5.4.	Análisis Costo Beneficio	160
6.	Conclusiones y Recomendaciones	163
6.1.	Conclusiones.....	163
6.2.	Recomendaciones.....	165
	REFERENCIAS.....	167
	ANEXOS	172

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> El proceso.	8
<i>Figura 2.</i> Clasificación de los procesos.	10
<i>Figura 3.</i> Macro y Micro Procesos.	10
<i>Figura 4.</i> El sistema de gestión como herramienta para alcanzar los objetivos.	12
<i>Figura 5.</i> Bucle de control.	14
<i>Figura 6.</i> Ciclo PHVA.	15
<i>Figura 7.</i> Ejemplo de mapa de procesos.	17
<i>Figura 8.</i> Ejemplo de Prototipo	18
<i>Figura 9.</i> Fresadora CNC	22
<i>Figura 10.</i> Mesa de trabajo y husillo de fresadora CNC	24
<i>Figura 11.</i> Scanner 3d.....	25
<i>Figura 12.</i> Exploración por planos en scanner 3D.....	26
<i>Figura 13.</i> Exploración Giratoria en Scanner 3D	27
<i>Figura 14.</i> Impresora 3D	29
<i>Figura 15.</i> Vistas de planta y lateral de modelo de prueba	32
<i>Figura 16.</i> Vista Isométrica de modelo de prueba	32
<i>Figura 17.</i> Layout de área de prototipado	35
<i>Figura 18.</i> Aspectos a tener en cuenta para identificar procesos.....	37
<i>Figura 19.</i> Situación actual - Mapa de procesos	40
<i>Figura 20.</i> Situación actual – Diagrama de flujo Prototipado.....	53
<i>Figura 21.</i> Situación actual – Diagrama de flujo Proceso de Gestión de Laboratorio	54
<i>Figura 22.</i> Situación actual – Diagrama de flujo Subproceso de planificación de infraestructura	54
<i>Figura 23.</i> Situación actual – Diagrama de flujo Subproceso de planificación Académica.....	56
<i>Figura 24.</i> Situación actual – Diagrama de flujo Proceso de Modelado	57
<i>Figura 25.</i> Situación actual – Diagrama de flujo Subproceso de identificación de la necesidad	57

<i>Figura 26.</i> Situación actual – Diagrama de flujo Subproceso de Diseño 3D asistido por computadora	58
<i>Figura 27.</i> Situación actual – Diagrama de flujo Proceso de Uso de Laboratorio	59
<i>Figura 28.</i> Situación actual – Diagrama de flujo Subproceso de Solicitud de Ingreso al Laboratorio	60
<i>Figura 29.</i> Situación actual – Diagrama de flujo Subproceso de Solicitud de uso de máquina	61
<i>Figura 30.</i> Situación actual – Diagrama de flujo Proceso de maquinado	62
<i>Figura 31.</i> Situación actual – Diagrama de flujo Subproceso de Colocación de material en máquina	62
<i>Figura 32.</i> Situación actual – Diagrama de flujo Subproceso de Importación de Diseño	64
<i>Figura 33.</i> Situación actual – Diagrama de flujo Subproceso de Inicio de Maquinado.....	65
<i>Figura 34.</i> Situación actual – Diagrama de flujo Subproceso de finalizado de maquinado.....	67
<i>Figura 35.</i> Situación actual – Diagrama de flujo Subproceso de Análisis de Resultados	68
<i>Figura 36.</i> Situación actual – Diagrama de flujo Proceso de Compras	69
<i>Figura 37.</i> Situación actual – Diagrama de flujo Proceso de Mantenimiento ...	71
<i>Figura 38.</i> Datos de diagrama de Pareto	74
<i>Figura 39.</i> Diagrama Ishikawa – Causa Raíz	80
<i>Figura 40.</i> Diagrama SIPOC, Caracterización de Procesos	83
<i>Figura 41.</i> Propuesta de Cadena de Valor	86
<i>Figura 42.</i> Propuesta de Mapa de Procesos	87
<i>Figura 43.</i> Interrelación de Procesos.....	89
<i>Figura 44.</i> Diagrama de flujo Macroproceso Estratégico Gestión de Laboratorio	90
<i>Figura 45.</i> Diagrama de flujo Proceso planificación de infraestructura.....	90
<i>Figura 46.</i> Diagrama de flujo – Propuesta de Macroproceso de Preliminares	93

<i>Figura 47.</i> Diagrama de flujo – Proceso de verificación de factibilidad de fabricación	93
<i>Figura 48.</i> Diagrama de flujo – Proceso de análisis de condiciones particulares	95
<i>Figura 49.</i> Diagrama de flujo – Proceso de Modelado	96
<i>Figura 50.</i> Diagrama de flujo – Subproceso de Diseño 3D asistido por computadora	97
<i>Figura 51.</i> Diagrama de flujo – Proceso de solicitud de uso de laboratorio.....	99
<i>Figura 52.</i> Diagrama de flujo – Macroproceso de Selección de Máquinas.....	100
<i>Figura 53.</i> Diagrama de flujo – Macroproceso de Ejecución	102
<i>Figura 54.</i> Diagrama de flujo – Proceso de Escaneado	103
<i>Figura 55.</i> Diagrama de flujo – Subproceso de configuración de escaneo	103
<i>Figura 56.</i> Diagrama de flujo – Proceso de maquinado	105
<i>Figura 57.</i> Diagrama de flujo – Subproceso de uso de impresora 3D	105
<i>Figura 58.</i> Diagrama de flujo – Subproceso de uso de fresadora CNC.....	106
<i>Figura 59.</i> Diagrama de flujo – Actividad de configuración de fresado.....	106
<i>Figura 60.</i> Diagrama de flujo – Macroproceso de entrega	107
<i>Figura 61.</i> Diagrama de flujo – Proceso de verificación de resultados.....	108
<i>Figura 62.</i> Diagrama de flujo – Proceso de ensamble y entrega de prototipo	109
<i>Figura 63.</i> Diagrama de flujo – Macroproceso de compras.....	111
<i>Figura 64.</i> Diagrama de flujo – Macroproceso de mantenimiento	113
<i>Figura 65.</i> Diagrama de flujo – Macroproceso de asesoría.....	115
<i>Figura 66.</i> Criterios para selección de indicadores.....	117
<i>Figura 67.</i> Pre Simulación Macroproceso de Modelado	146
<i>Figura 68.</i> Simulación situación actual - Macroproceso de Modelado.....	146
<i>Figura 69.</i> Pre Simulación Macroproceso de Uso de Laboratorio	147
<i>Figura 70.</i> Simulación situación actual - Macroproceso de Uso de laboratorio	147
<i>Figura 71.</i> Pre Simulación Macroproceso de Maquinado	148
<i>Figura 72.</i> Simulación situación actual - Macroproceso de Maquinado.....	149
<i>Figura 73.</i> Pre Simulación de Proceso de Verificar Factibilidad.....	151

<i>Figura 74. Simulación Propuesta – Proceso Verificar factibilidad de fabricación</i>	151
<i>Figura 75. Pre Simulación Proceso de Análisis de Condiciones Particulares</i>	152
<i>Figura 76. Simulación Propuesta – Proceso Análisis de Condiciones Particulares</i>	152
<i>Figura 77. Pre Simulación Proceso de Modelado</i>	153
<i>Figura 78. Simulación Propuesta – Proceso Modelado</i>	153
<i>Figura 79. Pre Simulación de Proceso de Solicitud de Uso de Laboratorio ...</i>	154
<i>Figura 80. Simulación Propuesta - Proceso de solicitud de uso de laboratorio</i>	154
<i>Figura 81. Pre Simulación de Macroproceso de Selección</i>	155
<i>Figura 82. Simulación Propuesta - Proceso de Selección</i>	155
<i>Figura 83. Pre Simulación de Macroproceso de Ejecución</i>	156
<i>Figura 84. Simulación Propuesta - Proceso de Ejecución</i>	156
<i>Figura 85. Pre Simulación de Proceso de Verificar Resultados</i>	157
<i>Figura 86. Simulación Propuesta - Proceso de Verificar Resultados</i>	157
<i>Figura 87. Pre Simulación Proceso de Ensamblar y Entregar Prototipo</i>	158
<i>Figura 88. Simulación Propuesta - Proceso de ensamblar y entregar prototipo</i>	158

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Especificaciones Técnicas de fresadora CNC</i>	23
Tabla 2. <i>Especificaciones técnicas de Impresora 3D</i>	30
Tabla 3. <i>Máquinas que conforman el área de prototipado</i>	35
Tabla 4. <i>Situación Actual – Procesos y esperas</i>	39
Tabla 5. <i>Situación Actual - Inventario de Procesos</i>	41
Tabla 6. <i>Índice de Valor Agregado - Planificación de Infraestructura</i>	43
Tabla 7. <i>Índice de Valor Agregado - Planificación Académica</i>	44
Tabla 8. <i>Índice de Valor Agregado - Identificación de la necesidad</i>	45
Tabla 9. <i>Índice de Valor Agregado - Diseño 3D asistido por computadora</i>	45
Tabla 10. <i>Índice de Valor Agregado - Solicitud de ingreso al laboratorio</i>	46
Tabla 11. <i>Índice de Valor Agregado - Solicitud de uso de máquina</i>	47
Tabla 12. <i>Índice de Valor Agregado - Colocación de material en máquina</i>	47
Tabla 13. <i>Índice de Valor Agregado - Importación de Diseño</i>	48
Tabla 14. <i>Índice de Valor Agregado - Iniciar Maquinado</i>	49
Tabla 15. <i>Índice de Valor Agregado - Finalizar Maquinado</i>	50
Tabla 16. <i>Índice de Valor Agregado - Análisis de Resultados</i>	50
Tabla 17. <i>Índice de Valor Agregado – Compras</i>	51
Tabla 18. <i>Índice de Valor Agregado – Mantenimiento</i>	52
Tabla 19. <i>Resumen de Análisis de Valor Agregado</i>	72
Tabla 20. <i>Tabulación Diagrama de Pareto</i>	73
Tabla 21. <i>Situación Actual - Indicador de Uso</i>	76
Tabla 22. <i>Situación Actual - Indicador de Mantenibilidad</i>	77
Tabla 23. <i>FODA</i>	78
Tabla 24. <i>Inventario de Procesos – Propuesta</i>	87
Tabla 25. <i>Índice de Valor Agregado - Propuesta de Planificación de Infraestructura</i>	91
Tabla 26. <i>Índice de Valor Agregado - Propuesta de Planificación Académica</i> .	91
Tabla 27. <i>Índice de Valor Agregado - Verificar factibilidad de fabricación</i>	94
Tabla 28. <i>Índice de Valor Agregado - Análisis de condiciones Particulares</i>	95
Tabla 29. <i>Índice de Valor Agregado – Modelado</i>	97
Tabla 30. <i>Índice de Valor Agregado - Solicitud de uso de laboratorio</i>	99

Tabla 31. <i>Índice de Valor Agregado - Selección de Máquina</i>	101
Tabla 32. <i>Índice de Valor Agregado – Escaneado</i>	104
Tabla 33. <i>Índice de Valor Agregado – Maquinado</i>	107
Tabla 34. <i>Índice de Valor Agregado - Verificar resultados</i>	108
Tabla 35. <i>Índice de Valor Agregado - Ensamblar y Entregar Prototipo</i>	110
Tabla 36. <i>Índice de Valor Agregado – Compras</i>	112
Tabla 37. <i>Índice de Valor Agregado – Mantenimiento</i>	113
Tabla 38. <i>Índice de Valor Agregado – Asesoría</i>	115
Tabla 39. <i>Comparación de Índices de Valor Agregado</i>	116
Tabla 40. <i>Factores Críticos de Procesos</i>	118
Tabla 41. <i>Indicador de Cantidad de Intervenciones</i>	120
Tabla 42. <i>Indicador de Inconvenientes en Asignaciones</i>	121
Tabla 43. <i>Indicador de Cumplimiento de Restricciones de Ideas de Prototipo</i>	122
Tabla 44. <i>Indicador de Superación de Condición Particular</i>	123
Tabla 45. <i>Indicador de Usuarios con Diseño en Formato Digital</i>	124
Tabla 46. <i>Indicador de Autorizaciones de Uso de Laboratorio</i>	125
Tabla 47. <i>Indicador de Selección Correcta de Máquina</i>	127
Tabla 48. <i>Indicador de Asesoría en Maquinado</i>	128
Tabla 49. <i>Indicador de Asesoría en Escaneado</i>	129
Tabla 50. <i>Indicador de Prototipo Incorrecto</i>	130
Tabla 51. <i>Indicador de Cantidad de Prototipos Compuestos</i>	131
Tabla 52. <i>Indicador de Cantidad de Procesos Extra de Compra</i>	132
Tabla 53. <i>Indicador de Cantidad de Eventos de Falla</i>	133
Tabla 54. <i>Indicador de Nivel de Satisfacción de Asesoría</i>	134
Tabla 55. <i>Resumen de Indicadores Operativos</i>	135
Tabla 56. <i>Indicador de Eficiencia</i>	137
Tabla 57. <i>Indicador de Satisfacción</i>	138
Tabla 58. <i>Indicador de Desperdicio de Material</i>	139
Tabla 59. <i>Indicador de Uso de Máquinas</i>	140
Tabla 60. <i>Resumen de Indicadores Estratégicos</i>	141
Tabla 61. <i>Resumen de tiempos de ejecución de Prototipado</i>	150

Tabla 62. <i>Análisis de Tiempos Promedios</i>	159
Tabla 63. <i>Calculo de Costos de Prototipado</i>	160
Tabla 64. <i>Calculo de ahorro total</i>	162

Introducción

La Institución Educativa en los últimos años ha venido realizando innovaciones en cuanto a su estructura organizacional y calidad de educación. El uso de laboratorios ha recibido gran atención a la hora de potenciar los recursos didácticos para los estudiantes.

Los laboratorios son el lugar donde interactúan libremente el conocimiento del docente, la tecnología a usarse, las bases científicas, la industria aplicada, la investigación y la mente abierta del estudiante. En pocas palabras los laboratorios son sitios de enseñanza práctica para los estudiantes.

El laboratorio de la Institución Educativa cuenta con una buena base de equipamiento tecnológico manufacturero con múltiples aplicaciones, una de estas es la creación de prototipos. Estos prototipos pueden ser creados por estudiantes o docentes, los cuales resultan productos de un previo trabajo de diseño e investigación.

La enseñanza debe preparar al profesional para nuevos conocimientos básicos, aplicados y tecnológicos. (Perichinsky & García Martínez, 1999)

1. Situación Actual

1.1. Antecedentes

La Institución Educativa, pensando en las necesidades actuales de la industria del país, crea varios laboratorios en diferentes locaciones con el objetivo que el alumno pueda plasmar sus conocimientos teóricos a través de la práctica.

El laboratorio está dividido en 3 partes:

- Área de Metrología.
- Área de Automatización.
- Área de Prototipado.

El área de Prototipado, objeto de este proyecto de titulación, fue creada en el año 2008, e inició con la adquisición de los siguientes equipos:

- Fresadora CNC, marca Roland MDX40A, adquirida en el 2008. Su principal característica radica en la posibilidad de trabajar en los 3 ejes.
- Torno CNC, marca Zendoll, adquirido en el 2009 Genera volúmenes de revolución basado en programación previa.
- Scanner 3D, marca Roland, serie PYXA, adquirido en 2010. Con este equipo se puede generar una manufactura inversa, es decir mejorar el producto hecho en función de esta tecnología.
- Impresora 3D, marca Makerbot, adquirida en 2015. Tiene un grado mucho mayor de libertad en cuanto al maquinado de prototipos con una simplicidad remarcable.

Cada uno de estos equipos posee un software especializado, con el cual se pueden programar sus funciones según sea la necesidad, quiere decir que es necesario también el uso de un ordenador, que de igual manera se encuentra ubicado en el laboratorio de la Institución Educativa.

Actualmente en el laboratorio se reciben las siguientes asignaturas:

- Manufactura asistida por computador.
- Automatización.
- Procesos de Manufactura.
- Mantenimiento.
- Metrología.
- Ciencia de los materiales.

La materia de Manufactura Asistida por computador es la principal involucrada con la utilización de la maquinaria del área de Prototipado del laboratorio, ya que como parte del pensum de estudio de la materia se brinda la posibilidad a los alumnos de interactuar con estas herramientas con el fin de crear prototipos.

1.2. Planteamiento del Problema

La elaboración de prototipos tiene una importancia enorme en la producción de un producto, pieza o herramienta, es básicamente el diseño hecho realidad. En un prototipo se pueden identificar falencias o virtudes que pueda tener un diseño de producto.

Para la realización de estos prototipos la Institución Educativa cuenta con equipos y software que se encargan de esta tarea. Pero existe una duda enorme a la hora que un docente o estudiante intenta empezar la realización de un prototipo y se resume con una simple pregunta: ¿Por dónde empezar?

El principal problema al que vamos a abordar en este proyecto de titulación es que no existe una secuencia lógica de uso de los equipos y del laboratorio en sí para la realización de los prototipos. El no tener un orden lógico para uso de equipos deriva en más problemas, como por ejemplo el no saber cuál es el mejor proceso a usarse y saber la razón. El problema radica en que no se ha hecho un análisis para aprovechar al máximo los equipos, herramientas e instrumentos existentes en el laboratorio.

1.3. Alcance

El presente proyecto de titulación abarcará el diseño del proceso de producción de prototipos, empleando la tecnología manufacturera del laboratorio de una Institución Educativa a través de la implementación de un sistema de gestión por procesos aplicado al laboratorio, específicamente en el área de producción de prototipos. Se levantarán las diferentes actividades que el proceso de prototipado, además se obtendrán y analizarán indicadores claves para medir los resultados obtenidos. Todo esto estará condensado en un manual de procesos el cual se entregará al laboratorio de la Institución Educativa para su uso inmediato.

1.4. Justificación

Cuando se tiene un conjunto de fases sucesivas que juntas logran un fin se habla de un proceso. En el laboratorio de la Institución Educativa existen muchas aplicaciones a ejecutarse, muchas prácticas a realizarse, en otras palabras, muchos procesos a realizarse. La producción de prototipos es uno de estos procesos que pueden realizarse con el equipamiento del laboratorio. Este proceso a su vez está compuesto por muchos sub procesos que unidos deberían cumplir con el propósito de crear un prototipo, pero lo que se observa realmente es que no hay una buena relación entre los procesos y subprocesos.

Lo que busca este proyecto de titulación es justamente diseñar el proceso de producción de prototipos, el cual busca lograr un sistema eficiente y eficaz al realizar cualquier prototipo, esto logra como consecuencia un ahorro de tiempo y recursos, además de una importante ayuda pedagógica para los estudiantes. Esto sin duda producirá un beneficio a la Institución Educativa, ya que se contribuye a que la investigación, diseño y desarrollo sea realizado de una mejor manera.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Diseñar el proceso de producción de prototipos, empleando la tecnología manufacturera del laboratorio de una Institución Educativa.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Crear una secuencia lógica de uso de los equipos para la elaboración de prototipos para explotar al máximo la eficiencia tecnológica del laboratorio.
- Identificar las restricciones existentes para la fabricación de prototipos y encontrar las mejores alternativas para superarlas.
- Diseñar los procesos por cada máquina, además de los criterios de uso por parte de los estudiantes.
- Crear indicadores de control y medición para los procesos del área de prototipado del laboratorio de la Institución Educativa.
- Hacer un análisis de las ubicaciones de los equipos y mejorar su disposición si es necesario.

1.6. Metodología Aplicada

La metodología necesaria para la implementación del presente proyecto de titulación es el diseño de procesos de la línea de producción de prototipos del laboratorio de una Institución Educativa. Esto se lo realizará mediante un correcto levantamiento de procesos, creando un mapa de procesos e identificando la cadena de valor.

Además de esto se realizarán análisis individuales de los procesos que agregan valor al sistema, y se medirá el nivel de madurez que posee el laboratorio de la Institución Educativa.

La creación de indicadores será necesaria para poder medir y controlar las variables crítica de los procesos que componen la línea de prototipo. Se crearán indicadores, bien calculados y por sobre todo confiables, definiendo a su vez los rangos de normalidad dependiendo del indicador y de su aplicación.

Además de esto una vez implementada la gestión por procesos, se harán las respectivas evaluaciones y se entregará como documento oficial un manual de procesos.

Por último, se estudiarán las posibles mejoras que se puedan realizar a la línea de producción de prototipos.

2. Marco Teórico

2.1. Proceso

La búsqueda de una finalidad común se la logra a través del uso de actividades, interacciones y recursos, transformando las entradas en salidas que agregan valor a los clientes, a esto se lo conoce como proceso. (Bravo Carrasco, 2010)

Estos procesos son utilizados como mecanismos de comportamiento que usan toda clase de personas en múltiples actividades para mejorar su productividad, plantear un orden y por supuesto solucionar algún tipo de problema existente.

Como se mencionó, las aplicaciones del concepto de un proceso pueden ser utilizados en variados ámbitos, tales como empresarial, informático, industrial, jurídico, matemático, etc.

Básicamente los procesos son diseñados para la utilidad del hombre, es decir, le facilita a la persona el conocimiento para la realización correcta de una actividad. (Bravo Carrasco, 2010)

Los procesos en sí cuentan con algunos actores y características a considerar. Básicamente los procesos cuentan con entradas y salidas, quiere decir que partiendo de una información y/o materia prima, se obtiene productos los cuales pueden ser tangibles o intangibles dependiendo del ámbito en el cual el proceso se desarrolle. (ixisprocess, 2015)

Es importante destacar que para conseguir los productos o salidas existen ciertas ayudas a considerar, las cuales se resumen en la Figura 1:



Figura 1. El proceso.

Tomado de (ixisprocess, 2015)

2.2. Clasificación De Los Procesos

Es importante diferenciar los tipos de proceso, ya que la gran gama de posibilidades de aplicación de los mismos hace necesario diferenciar el proceso para conseguir el impacto deseado. (Rey Peteiro)

2.2.1. Proceso Estratégico

Los procesos estratégicos son los encargados de mantener y desplegar las políticas y estrategias características de la actividad o servicio a realizarse. Una de sus principales características es definir las directrices y límites de la actividad y a su vez al resto de los procesos.

Este tipo de proceso está muy ligado a la visión de la organización, ya que el hecho de ser estratégico hace que el enfoque tenga que ver con la razón de ser la empresa, compañía u organización. (Ojeda & Garcia, 2008)

2.2.2. Proceso Clave

Estos procesos son bastante específicos a la actividad a realizarse, quiere decir que están directamente ligados a los servicios que van a ser prestados. Están plenamente orientados a los usuarios o clientes. Al estar inmersos en varias áreas al ser ejecutados, estos procesos manejan la mayor cantidad de recursos de la organización. Además de esto también se puede decir que los procesos clave añaden valor e inciden con la satisfacción del usuario o cliente. (Ojeda & Garcia, 2008)

2.2.3. Proceso de Apoyo

Estos procesos son esenciales en la organización, ya que sirven de soporte para los procesos estratégicos y procesos clave. En muchos de los casos la importancia de estos procesos es determinante para la consecución del objetivo. Pueden ser por ejemplo compras, RR.HH., TICS, etc.

En este tipo de procesos se encuadran los procesos necesarios para el control y la mejora del sistema de gestión, que no puedan considerarse estratégicos ni clave. (Ojeda & Garcia, 2008)



Figura 2. Clasificación de los procesos.

2.2.4. Por las Áreas Involucradas

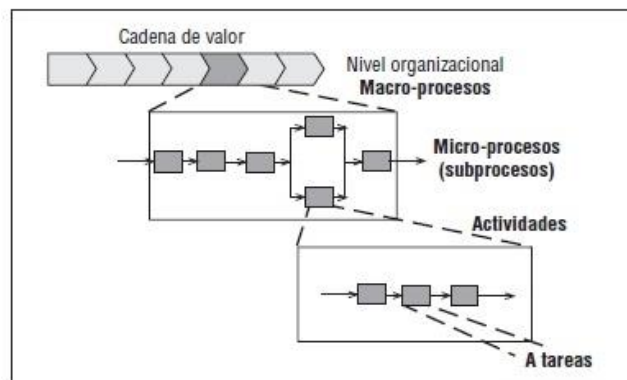


Figura 3. Macro y Micro Procesos.

Tomado de (Serrano Gomez, 2012)

- Macro Proceso: Es un proceso global de gran alcance, abarca las delimitaciones de las áreas de trabajo.
- Micro Proceso: Es un proceso más específico, normalmente compuesto de actividades detalladas y series de pasos definidos. Este tipo de procesos puede ser manejado por una persona. (Lopez Gomez, 2012)

2.2.5. Actividad

Es un conjunto de acciones que se llevan a cabo para cumplir las metas de un programa o proceso operativo, que básicamente consiste en la ejecución.

2.2.6. Tarea

Es un trabajo que se debe realizar en función del tiempo, usualmente hace parte de una actividad. Por lo general las tareas hacen parte de los Micro Procesos, ya que describen situaciones bastante específicas, que uniendo con las demás tareas conforman el proceso en sí.

2.3. Principios de Gestión por Procesos

La mejora en la eficacia y eficiencia de una organización o empresa se debe mucho a buscar métodos de mejora en la calidad de sus procesos y por supuesto en sus entregables, ya sean estos tangibles o intangibles, gran parte de esta mejora consiste en trabajar para la satisfacción del cliente, sea este interno o externo. La buena planificación, depuración y control de los procesos de trabajo es el inicio de un cambio beneficioso para cualquier organización que pretenda mejorar sus servicios. A esto se lo conoce como gestión por procesos.

La Gestión por Procesos debe ser el corazón de una empresa o institución. Su implantación puede ayudar a una mejora significativa en todos los ámbitos de gestión de las organizaciones. (Beltrán Sanz, Carmona Calvo, Carrasco Perez, Rivas Zapata, & Tejedor Panchón, 2002)

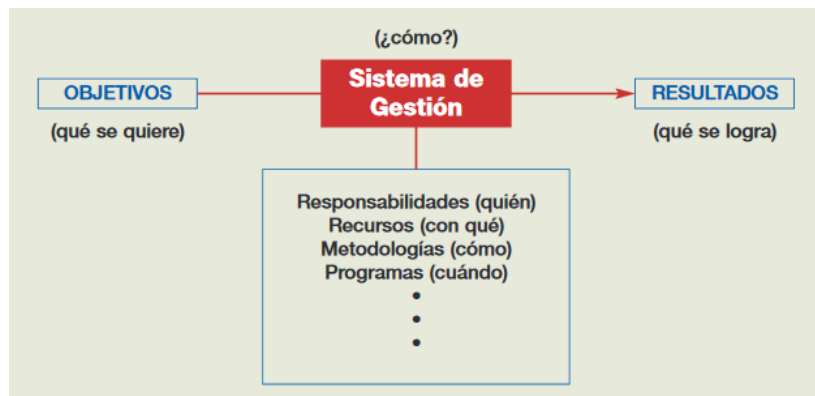


Figura 4. El sistema de gestión como herramienta para alcanzar los objetivos.

Tomado de (Beltrán Sanz, Carmona Calvo, Carrasco Perez, Rivas Zapata, & Tejedor Panchón, 2002)

Los procesos existen en cualquier organización, aunque nunca se hayan identificado ni definido, básicamente los procesos constituyen lo que hacemos y cómo lo hacemos. En una organización, prácticamente cualquier actividad o tarea puede ser encuadrada en algún proceso.

Los procesos siempre tienen entradas, las cuales pueden ser materias primas o información inicial, y salidas, que pueden ser a su vez productos o servicios, dependiendo sea el caso.

La gestión por procesos implica tener una estructura sólida y coherente de procesos involucrados en el funcionamiento de la empresa u organización.

La idea de la gestión por procesos consiste que cuando se define y se analiza el proceso, se busca encontrar las vías para simplificarlo y mejorarlo, teniendo en cuenta las siguientes consideraciones:

- Las actividades que no generen ningún valor deben ser identificadas y excluidas del funcionamiento de la organización.
- Es importante saber la importancia de la minuciosidad con la cual se analiza cada proceso, mientras mayor sea el nivel de detalle, la eficiencia del proceso será cada vez mayor.
- No se puede controlar algo si no se puede medir, la mejor manera de hacerlo es a través de indicadores de gestión los cuales mediante parámetros cuantitativos resumen la realidad del funcionamiento de los procesos y en general de la organización.
- Para emprender la mejora de un proceso es necesario primero que pase por un periodo de estabilización, la cual tiene como propósito normalizar el proceso con el fin que se llegue a un estado de control.

2.4. Control de los Procesos

El control y seguimiento de los procesos es quizá tan importante como la identificación de los mismos. Este control debe ayudar a evaluar la eficacia y capacidad del proceso analizado, esto con el fin de tener datos obtenidos a través de una serie de mediciones que nos permita conocer el estado y de ser el caso de tomar decisiones que permitan mejorar el proceso o la organización en sí. No se puede controlar lo que no se puede medir.

De una manera general la forma por la cual el proceso va a ser controlado es relativamente simple. A través de datos especiales, llamados indicadores, se analizan los resultados y se toman decisiones en base a las variables de control, los cuales deben ser obviamente para corregir errores. Una vez se haga efectivo el cambio, los indicadores cambiarán y de nuevo entrarán al análisis determinando nuevas fallas o problemas. A esto se lo conoce como el bucle de control. (Beltrán Sanz, Carmona Calvo, Carrasco Perez, Rivas Zapata, & Tejedor Panchón, 2002)

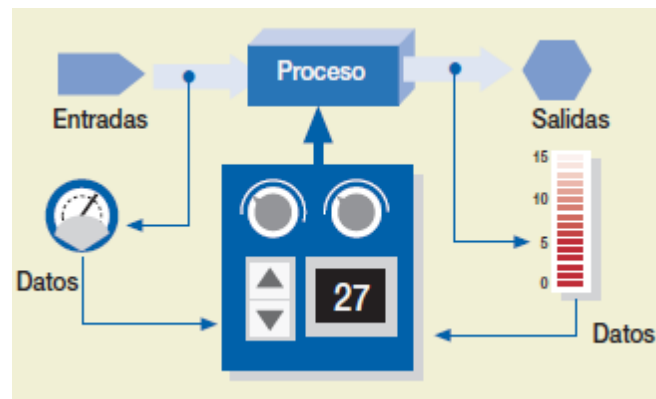


Figura 5. Bucle de control.

Tomado de (Lugo Marin, 2017)

La única manera de comprobar el funcionamiento de este bucle es obtener variaciones de los indicadores al realizar un nuevo análisis.

Existen dos maneras de controlar los procesos:

- Repetibilidad.
- Planificación.

2.5. Mejora de Procesos

Cuando se analiza los indicadores obtenidos durante la medición y control, se obtiene el conocimiento de las características y evolución de los procesos analizados con el objetivo de averiguar cuáles son los procesos que no alcanzan los resultados planificados y cuáles son los procesos que brindan una posibilidad de mejora.

Una vez se hayan identificado las fallas, lógicamente las acciones a tomar deben estar enfocadas en que las salidas de procesos sean las estipuladas, por esta razón los cambios deben influir directamente en las variables de control.

La idea de mejorar los procesos radica en aumentar la eficiencia y eficacia de los mismos.

Edward Deming se encargó de formular una serie de pasos a seguir que permiten llevar a cabo una mejora en algún proceso o conjunto de procesos. (Orti, 2014)

- **Planificar:** Establecer los objetivos y procesos.
- **Hacer:** Implementar dichos procesos.
- **Verificar:** Seguimiento y medición de productos.
- **Actuar:** Acciones de mejora continua.



Figura 6. Ciclo PHVA.

Tomado de (Gestión de Mejora continua, 2016)

2.5.1. Indicadores Claves de Gestión

Los indicadores son herramientas claves para las empresas, ya que les permiten medir y evaluar el rendimiento de los procesos del entorno global de la empresa. Estos indicadores son comúnmente conocidos como KPI's (Key performance indicators), los cuales tienen valores cuantificables, valorables y clasificables, los cuales se obtienen comparando datos que se relacionan con un proceso durante un periodo de tiempo determinado.

Cada proceso tendrá sus propios indicadores, los cuales varían con respecto al tiempo. La principal ayuda que brinda estos indicadores es conocer de una forma precisa si un proceso cumple o no con los objetivos establecidos, mediante la medición y comparación de los mismos.

Características Principales

Los indicadores varían según el proceso al que pertenecen, sin embargo, comparten características:

- Ayudan a analizar los resultados de los procesos en relación con los objetivos establecidos en un principio.
- Son básicos para poder mejorar los procesos.
- Una de las funciones primordiales es la reducción de costos excesivos para la empresa.
- La información que se obtiene al analizarlos es totalmente confiable y real a la realidad de la empresa.
- Son cuantificables y fácilmente medibles.

(Workmeter.com, 2014) (Hatre, 2004)

2.6. Mapas de Proceso

Una vez analizado y seleccionados los procesos de una organización, se procede a organizar la estructura de procesos del sistema. La manera más sencilla y efectiva de visualizar la estructura de los procesos de una organización se la realiza a través de un mapa de procesos. (Beltrán Sanz, Carmona Calvo, Carrasco Perez, Rivas Zapata, & Tejedor Panchón, 2002)



Figura 7. Ejemplo de mapa de procesos.

Tomado de (Alcaldía Mayor de Bogotá, 2014)

Como se puede ver en la figura 7, en el mapa de procesos se puede visualizar tanto los tipos de procesos, como las entradas y salidas. Definitivamente resulta ser la manera más sencilla de organizar o rediseñar la gestión de una organización.

El mapa de procesos realiza un análisis entre las perspectivas macro y específicas donde se realiza un proceso de una compañía. La idea de su desarrollo es enlazar la posición local con los propósitos corporativos de la compañía. (Retos en supply chain, 2014)

2.7. Prototipo

Se le llama prototipo a todo objeto que sirve como referencia para modelos que pueden ser producidos en serie a través de una cadena de producción. En otras palabras, el prototipo es el primer modelo fabricado del cual se toman las ideas más relevantes y se identifican defectos para un posterior diseño mejorado. Por lo general los prototipos no son puestos en venta y su inclusión es muy limitada para la realización de pruebas de todo tipo, con el objetivo de la creación del modelo definitivo libre de defectos y que goce de la aceptación de los que vayan a utilizarlo.

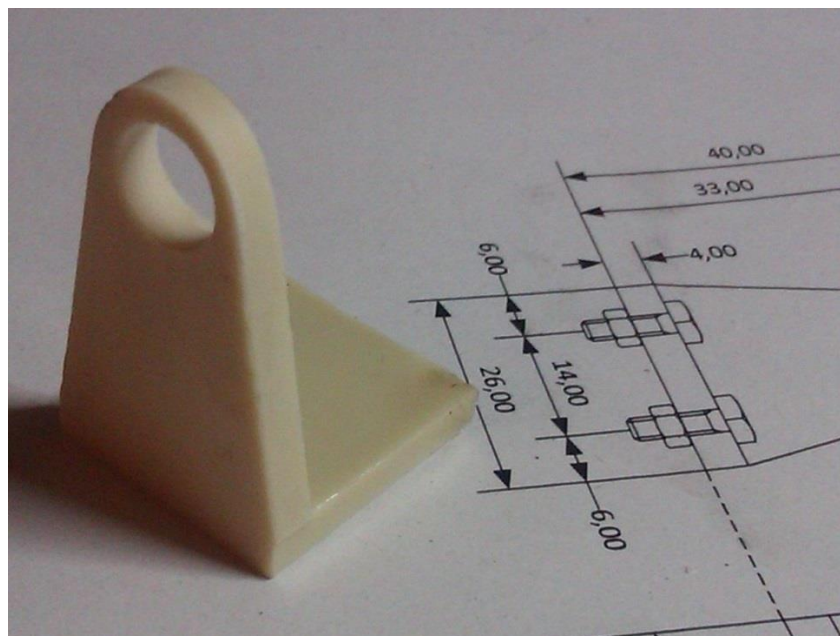


Figura 8. Ejemplo de Prototipo

Tomado de (Joken, 2012)

2.7.1. Funciones de un Prototipo

Las principales funciones de un prototipo son:

- a) **Apreciación de la estética:** Permite corroborar si el elemento responde positivamente a lo diseñado, específicamente en volumen y forma.
- b) **Validación dimensional:** Se puede comprobar que el elemento encaje con otro elemento.
- c) **Validación funcional:** Permite verificar que los ensambles sean confiables y que cumplan con las tolerancias de diseño. (Candal, 2005)
- d) **Verificación experimental:** Se puede comprobar que la pieza cumpla con los parámetros de diseño (resistencia a cargas mecánicas, químicas, térmicas, fatiga o envejecimiento).

2.7.2. Tipos de Prototipo

Baja Fidelidad vs. Alta Fidelidad

- **Baja Fidelidad:** La representación de una maqueta estática no computarizada utilizando un conjunto de dibujos.
- **Alta Fidelidad:** Modelo dinámico, computarizado y operativo de un sistema que está siendo planificado.

Horizontal vs. Vertical

- Horizontal: Es un prototipo que no posee muchos detalles, pero sí emula las características de un sistema. Este tipo de prototipo resulta muy útil en las primeras etapas de diseño, ya que tiene como objetivo la interacción directa con el usuario, observándose las funciones más comunes a ser utilizadas.
- Vertical: El prototipo vertical es lo contrario al horizontal, ya que posee alto nivel de detalle, pero pocas características del sistema. Es muy útil en la fase final de diseño, ya que su nivel de detalle hace posible cumplir con los resultados más específicos. (Maner, 2000)

3. Situación Actual

3.1. Filosofía Organizacional

Como pequeña introducción se puede decir que actualmente el área de Prototipado del Laboratorio de una Institución Educativa cuenta con las herramientas adecuadas para la creación de Prototipos, pero no hay una correcta sistematización de sus procesos. A continuación, el análisis:

3.1.1. Misión Y Visión

El Laboratorio de una Institución Educativa no posee una Misión o Visión debidamente establecida, sin embargo, están implícitas en su funcionalidad como ayuda didáctica para los alumnos de la Institución Educativa.

Más específicamente hablando de la sección de Prototipado, de igual manera se presenta esta misma realidad, con la diferencia que esta área es usada como complemento de ciertas materias de la malla curricular.

Es importante que el laboratorio tenga una Misión y una Visión debidamente establecidas, para que los alumnos y docentes sepan cual es el rol que desempeña el Laboratorio en el desarrollo de la Institución Educativa y además la aspiración que se tiene de mejora en un determinado tiempo. (SENA, 2014)

3.1.2. Objetivos Estratégicos

El área de prototipado del laboratorio de una Institución Educativa no cuenta con objetivos estratégicos plenamente definidos, sin embargo, está implícito que el principal objetivo es justamente la creación de prototipos, quedando este objetivo como muy general.

3.2. Composición del Laboratorio de la Institución Educativa

3.2.1. Generalidades

Como se mencionó en los Antecedentes del presente Trabajo de Titulación, el Laboratorio una Institución Educativa ha sido dividido en áreas, con el propósito de aprovechar al máximo los insumos y equipos. Esta división fue hecha en función de complemento de las materias impartidas en la Institución.

El laboratorio se divide de la siguiente manera:

- Área de Metrología.
- Área de Procesos de Manufactura.
- Área de Automatización.
- Área de Prototipado.

El interés principal del presente Proyecto de Titulación está centrado en el área de Prototipado. A continuación, se hará un análisis detallado de los equipos con los que cuenta el área de Prototipado.

3.2.1.1. Fresadora

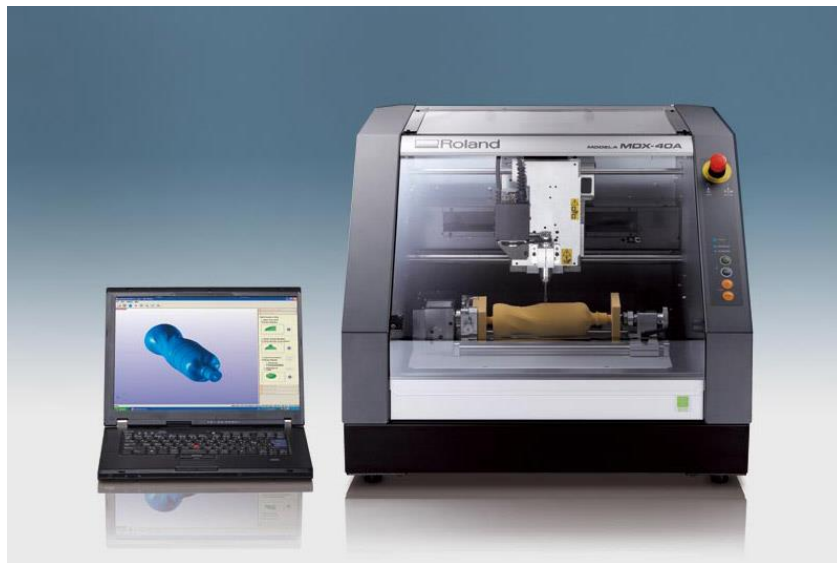


Figura 9. Fresadora CNC

Tomado de (Roland, 2017)

La fresadora de sobremesa Roland MDX-40A es un dispositivo de maquinado versátil y con múltiples de aplicaciones y posibilidades. Su principal característica es la creación de modelos 3D con materiales no exclusivos,

incluyendo plásticos, madera, nylon. No está diseñada para trabajar con metales.

3.2.1.1.1. Especificaciones Técnicas

Tabla 1.

Especificaciones Técnicas de fresadora CNC

Modelo	MDX-40A
Materiales aceptables	Resinas, madera y cera de modelado (el metal no es compatible)
Recorridos X, Y y Z	305mm(X) x 305mm(Y) x 105mm(Z)
Distancia de la punta del husillo a la mesa	Máximo 123 mm
Dimensión de la mesa	(305(An) x 305(P)mm)
Peso de la pieza cargable	4 kg
Motor de los ejes XYZ	Motor de movimiento gradual
Velocidad de alimentación	Ejes XY: 0.0039 a 1.9 cm/paso Eje Z: 0.00039 a 1.1 cm/s
Motor de huso	Motor de CC sin escobillas de motor, máximo 100 W
Rotación de husillo	4500 a 15000 rpm
Mandril	Casquillo
Interfaz	USB
Voltaje y frecuencia	CA 100 a 240 +/-10%, 50/60 Hz
Capacidad de energía requerida	2.1 A
Consumo de energía	Aprox. 210W
Dimensiones	669x760x554 mm
Peso	65 kg
Temperatura de funcionamiento	5 a 40 °C
Elementos incluidos	Cable de alimentación, adaptador de enchufe, cable USB, casquillo, sensor Z0, llave hexagonal, destornilladores hexagonales, llaves

3.2.1.1.2. Funcionamiento

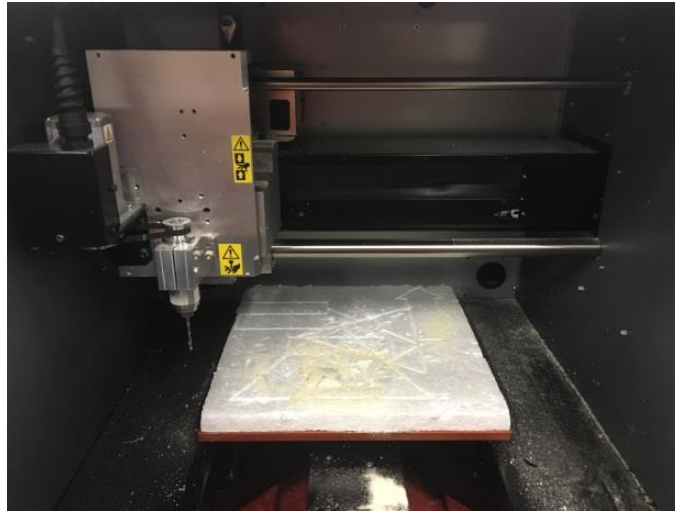


Figura 10. Mesa de trabajo y husillo de fresadora CNC

Tiene excelentes resultados en la creación de Prototipos de productos como partes de cierre a presión, juguetes, arte en 3D, partes de repuesto, moldes, placas y grabados.

Al ser una máquina CNC, es necesario tener un diseño primario. El usuario o estudiante se encarga de realizar su diseño utilizando software especializado, como por ejemplo el Autodesk Inventor.

Para transmitir la información a la fresadora es necesario contar con el software INVENTOR CAM, instalado en una computadora, que es herramienta básica para el funcionamiento de la máquina. Este software genera los códigos-G, para posicionamiento y control de movimientos de la maquinaria. Una vez este programado y colocado el material en la mesa, se puede dar inicio el trabajo de fresado.

3.2.1.1.3. Restricciones

- Volumétrica: La restricción dimensional se acoge directamente a las dimensiones de la mesa de diseño, las cuales son 305x305x105mm.
- Material: La fresadora, dadas sus dimensiones y aplicaciones, está diseñada para trabajar con materiales suaves de fácil maquinabilidad, como lo son los plásticos, nylon o madera. No está diseñada para el trabajo en metales.
- Longitud de herramienta: La herramienta tiene una limitación para trabajar con geometrías complejas que involucren formas tipo “L”, ya que la profundidad de desbaste de la herramienta está limitada a la longitud de la misma.

3.2.1.2. Scanner 3D



Figura 11. Scanner 3d

Tomado de (Roland, 2017)

El LPX-60 es un escáner tridimensional basado en laser sin contacto para explorar la forma de objetos sólidos. Este método permite que de una manera rápida se realice el análisis del solido sin preocuparse de posibles daños al objeto.

Al ser un scanner es necesario también el uso de un software especializado para la interpretación de los resultados. Dicho software es el Dr. PICZA 3. Adicionalmente también se usa el Meshmixer, con el cual se puede manipular el escaneo, modificando la geometría de la malla.

El escáner permite dos modos de exploración:

- Exploración por planos: En este tipo de exploración el emisor laser dispara y se traslada en 2 sentidos, al que se los llamará altura y anchura.

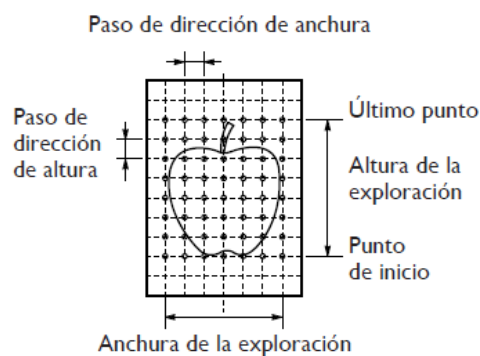


Figura 12. Exploración por planos en scanner 3D

Tomado de (Roland Picza, 2006)

- Exploración giratoria: En este tipo de exploración el emisor laser solo se mueve en el sentido de altura, además de esto existe movimiento rotacional generado por el plato del escáner, haciendo que el objeto gire a una velocidad constante.

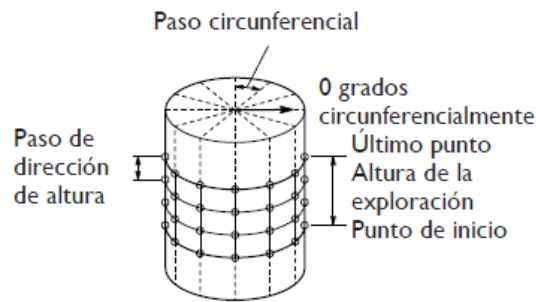


Figura 13. Exploración Giratoria en Scanner 3D

Tomado de (Roland Picza, 2006)

Se puede incluso mezclar los dos métodos de exploración para lograr exploraciones de objetos con geometrías más complejas.

3.2.1.2.1. Especificaciones Técnicas

Este escáner 3D se caracteriza principalmente por la sencillez en su forma y uso.

Básicamente está compuesta por:

- Compartimiento para situar el objeto de análisis.
- Tabla.
- Puerta.
- Unidad de análisis láser.

3.2.1.2.2. FUNCIONAMIENTO

Como ya se mencionó, el escáner está diseñado para que sea fácil de usar y muy amigable con el usuario. El proceso de funcionamiento es de igual manera sencillo y se resume en los siguientes pasos:

- Preparación y colocación del objeto a ser explorado. Se debe colocar el objeto en la mesa, si es posible asegurado, ya que esto previene el movimiento del objeto durante la exploración.
- Realización de la exploración. Básicamente toda esta parte se la realiza desde la computadora, utilizando el software Dr, PICZA. Desde aquí se puede controlar todas las configuraciones y darle las instrucciones deseadas de análisis al escáner.
- Acabado de datos. Una vez se obtiene el modelo es necesario evaluar la calidad del mismo, en muchos casos es necesario realizar otro análisis para completar las partes que pudieron haber faltado, utilizando otro método de exploración.
- Guardar datos. El modelo ya terminado puede ser guardado en formato dxf. O STL, con el propósito de que se pueda abrir en algún otro programa de diseño más avanzado y modificar de acuerdo a lo requerido.

3.2.1.2.3. RESTRICCIONES

El escáner posee algunas restricciones a considerar:

- **Dimensional:** El objeto a explorar no puede ser mayor a las dimensiones de la mesa, es decir, no mayor a un diámetro de 203.2 mm, y 304.8 mm de altura.
- **Forma:** El objeto a explorar no debe tener áreas en la que el rayo láser forme un ángulo muy agudo, puesto que esta no se va a apreciar bien. Objetos esféricos no van a tener buenos resultados.
- **Material:** Para tener una buena exploración es necesario que el material del objeto no sea rugoso, es decir, el material de la superficie del objeto debe ser suave.

- **Colores:** Los objetos a escanear deben ser de colores brillantes (blanco, amarillo, rojo, etc.). Los colores oscuros (negro, azul, etc.) no pueden ser escaneados satisfactoriamente. Además de esto los objetos no deben ser translucidos ni brillantes en extremo.

3.2.1.3. Impresora 3D

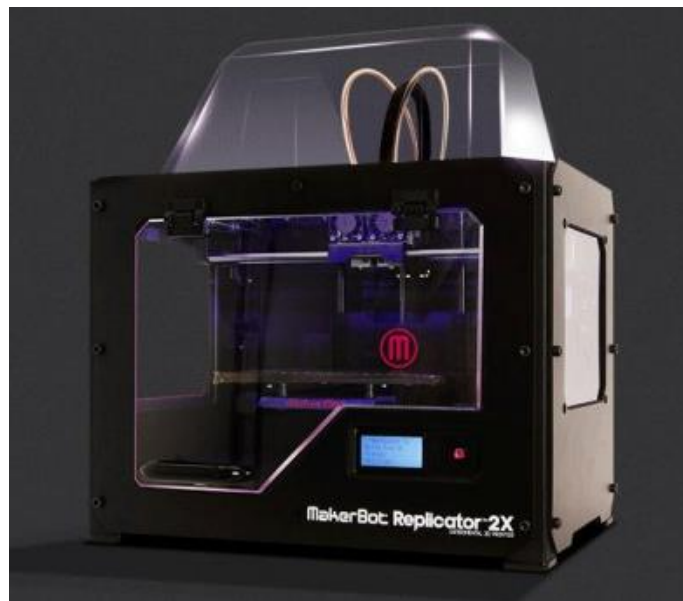


Figura 14. Impresora 3D

Tomado de (Makerbot, 2013)

La impresora Makerbot Replicator 2x es la máquina más nueva del laboratorio, y a su vez una de las más versátiles a la hora de modelar. Las impresoras 3D utilizan un filamento plástico fundido, que es extruido por una boquilla para la realización de sus modelos capa por capa.

3.2.1.3.1. Especificaciones Técnicas

Tabla 2.

Especificaciones técnicas de Impresora 3D

Tecnología de impresión	de	Fabricación mediante filamento fundido
Volumen de construcción	de	246mmX163mmX155mm
Altura de capa		100-300 micras
Precisión en posicionamiento	en	Ejes XY: 11 micras Eje Z: 2.5 micras
Diámetro del filamento	del	1.75mm
Diámetro de boquilla	de	0.4mm

3.2.1.3.2. Funcionamiento

Como se mencionó con anterioridad la función de la impresora 3D es extruir filamento plástico fundido a través de una boquilla caliente sobre una superficie, este método es conocido como depósito de material FDA, formando el objeto capa por capa, siguiendo un patrón automatizado de extrusión.

Como en el resto de las máquinas, el diseño previo es básico para el funcionamiento de este equipo. Previamente el usuario deberá diseñar el objeto utilizando un software de diseño 3D, como lo es el Autodesk Inventor, por ejemplo. Para importar el diseño desde el programa Autodesk Inventor hacia el entorno de la impresora Makerbot hay que tener en cuenta que la impresora lee

los archivos con extensión STL, la misma que codifica en lenguaje adecuado para que se ejecute la impresión.

A través del software makerware, se puede transferir el modelo a una computadora y realizar las configuraciones correspondientes previas a la impresión. El software es de fácil uso y bastante intuitivo para los usuarios.

3.2.1.3.3. Restricciones

- Dimensional: El límite de impresión es igual a las dimensiones de la mesa, es decir no se puede imprimir un objeto mayor a 246mmX163mmX155mm.
- Material: La impresora trabaja exclusivamente con termoplásticos, más específicamente con el ABS (Acrilonitrilo butadieno estireno), el cual resulta ideal para las aplicaciones de modelado debido a su alta resistencia al impacto y estabilidad a temperaturas altas.

3.2.2. Modelado De Prueba

Para este análisis se simulará un usuario cualquiera sin conocimientos profundos que quiera usar el laboratorio.

Para el uso de los 4 equipos es necesario encontrar un modelo que pueda ser maquinado o escaneado por cada una de las maquinas sin inconvenientes. Por esta razón se seleccionó el siguiente modelo como referencia:

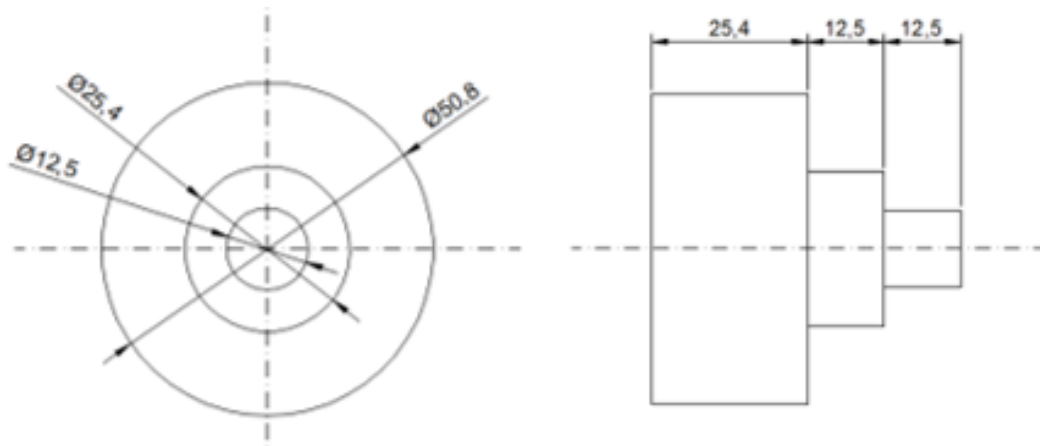


Figura 15. Vistas de planta y lateral de modelo de prueba

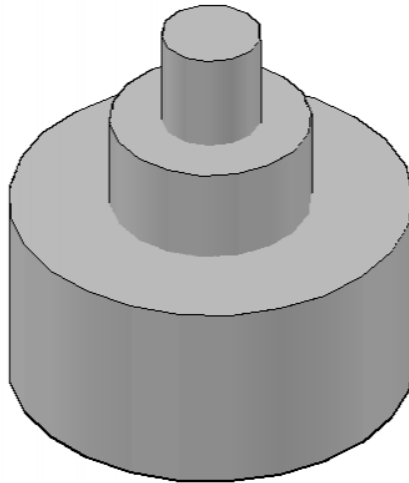


Figura 16. Vista Isométrica de modelo de prueba

Una vez seleccionado y aprobado el modelo de prueba se procede a la realización de las siguientes actividades:

- **Solicitud de laboratorio:** Se lo realizó verbalmente en la oficina de la Dirección.
- **Ingreso al laboratorio:** Se coordinó el ingreso con el ayudante de laboratorio.

- **Asesoría:** Para el uso de las maquinas se requirió la asesoría directa del docente encargado de dictar la materia asociada. Una vez dadas las instrucciones se procedió al uso de las mismas.
- **Maquinado:** Se inició el proceso de maquinado utilizando la fresadora, torno e impresora 3D. Adicionalmente se hizo uso del escáner.
- **Análisis de resultados:** Se verificó acabo superficial, dimensiones y tiempos luego de cada maquinado.

3.2.3. Comentarios

Una vez realizadas las actividades de maquinado y escaneado surgieron algunos comentarios con respecto al uso de toda el área de prototipado. Normalmente la solicitud de uso de laboratorio se la realiza de manera formal, en este caso se lo realizó verbalmente.

El ayudante de laboratorio se dedica además de sus actividades normales, dedica parte de su tiempo a actividades administrativas y de despacho, lo que hace que en ocasiones no se encuentre en el laboratorio.

Los conocimientos de las máquinas y su uso por parte del ayudante de laboratorio son limitados, ya que existen máquinas que el ayudante de laboratorio nunca ha utilizado.

El suministro de material es exclusivo para los alumnos de la Institución Educativa. Al ser ajeno a esta Institución se tuvo que adquirir el material por cuenta propia.

No existe un stock de materiales, con excepción al material FDA usado en la impresora 3D, y pocos pedazos de madera de balsa.

La asesoría se la realizó mediante el docente encargado de impartir la asignatura de sistemas CAD/CAM, pero no existe disponibilidad 100% para la asesoría, ya que el docente tiene otras actividades que realizar.

Al existir falta de asesoría durante la realización de la práctica, y el desconocimiento de ciertos aspectos por parte del ayudante de laboratorio, se tuvo que realizar varios intentos de maquinado.

Al momento de ingresar por primera vez se pudo constatar que una de las máquinas se encontraba temporalmente fuera de servicio.

No se pudo realizar la práctica en el torno CNC, ya que fue imposible configurar el maquinado debido al desconocimiento del software respectivo. Incluso con asesoría no se pudo solventar el problema.

3.2.4. Layout

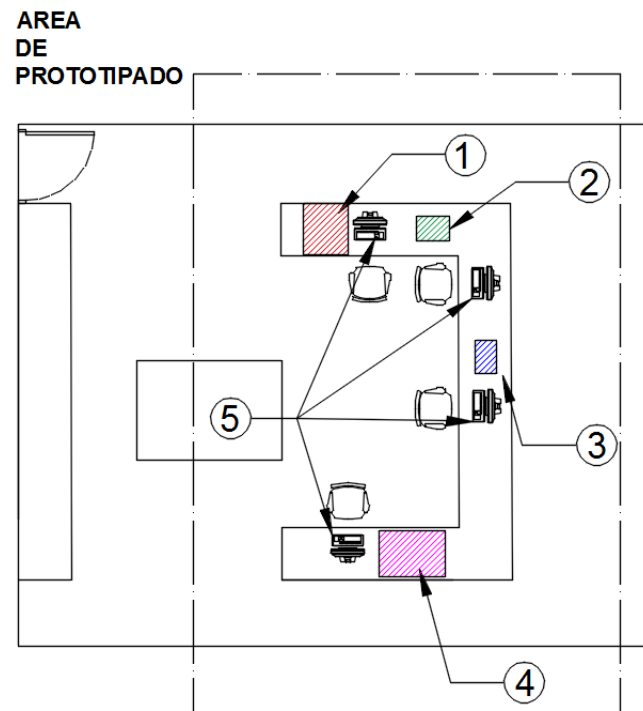


Figura 17. Layout de área de prototipado

Tabla 3.

Máquinas que conforman el área de prototipado

1	Fresadora CNC
2	Escáner 3D
3	Impresora 3D
4	Torno CNC
5	CPU

3.3. Análisis del Proceso Productivo

Una vez realizado el análisis de los equipos que hacen parte de la línea de prototipado del laboratorio de una Institución Educativa, se puede obtener lo siguiente:

- El laboratorio cuenta con equipos con tecnología CNC para maquinado y prototipado.
- El tiempo de producción es suficiente para las necesidades, ya que no se cuenta con altas velocidades de producción, sin embargo, los equipos garantizan calidad y exactitud en sus trabajos, que en realidad es lo que importa al realizar un prototipo.
- Existe un problema que quizá sea trascendental, y daría sentido a este proyecto de titulación, los procesos que se manejan en el laboratorio son totalmente individuales, quiere decir que se está manejando individualmente procesos por cada equipo, en otras palabras, de una manera completamente aislados. Esta área se potenciaría si se aplica la gestión por procesos, debido a que se puede tener una configuración adecuada e integrada.

3.4. Levantamiento De Procesos

Para obtener información más clara de lo que realiza el laboratorio de prototipado, es necesario analizar tres aspectos fundamentales:



Figura 18. Aspectos a tener en cuenta para identificar procesos

¿Qué hacemos? El área de prototipado del laboratorio de la institución educativa se encarga de la elaboración de prototipos en materiales no metálicos y con restricciones específicas dependiendo de la máquina a usarse.

¿Para quién lo hacemos? Los prototipos son elaborados por y para los estudiantes de la Institución Educativa, como parte del pensum de estudios. Las necesidades de elaboración tienen carácter estrictamente educativo.

¿Cómo lo hacemos? Para la realización de los prototipos se cuenta con explicación por parte del docente, y seguimiento o asesoría por parte del ayudante de laboratorio. (Ramirez Castro, 2011)

Como se mencionó en el inciso 3.3., los procesos se encuentran individualizados en función de cada máquina, lo que quiere decir que no hay una interrelación entre estos, aunque pertenezcan a la misma área de Prototipado.

3.4.1. Recopilación de la Información

Para realizar la recopilación de la información, misma que servirá para conocer como es el funcionamiento real del área de prototipado del laboratorio de una institución educativa, se procederá a la realización de entrevistas a las personas involucradas con las actividades del laboratorio.

Director de Institución Educativa: La información del director servirá para identificar las actividades gerenciales, es decir del manejo del laboratorio.

Asistente de Director de Institución Educativa: Esta información es de mucha utilidad, ya que como asistente tiene directa comunicación con docentes y estudiantes.

Docentes que usan el laboratorio de prototipado para sus asignaturas: Su importancia radica en que gracias a su programa de estudio los alumnos utilizan el área de prototipado del laboratorio la Institución Educativa.

Ayudante de laboratorio: La información brindada por el ayudante es de vital importancia, ya que se encarga de ejecutar los procesos técnicos del laboratorio; el prototipado en sí. A través de esta información se pueden identificar las fortalezas y debilidades desde un punto de vista técnico.

Estudiantes: Es muy importante la opinión del usuario, que en este caso es el estudiante. La información que se requiere en este caso se enfocará en identificar las dificultades de uso y los niveles de satisfacción.

Prueba del proceso productivo: Finalmente es muy importante realizar un prototipo de prueba, con el objetivo de vivir de la manera más cercana posible el proceso productivo del área de prototipado del laboratorio.

Para realizar un correcto levantamiento de los procesos es necesario realizar una prueba del proceso productivo, y a través de un listado identificar los procesos y esperas que involucran la elaboración de un prototipo. A continuación, se presenta el listado:

Tabla 4.

Situación Actual – Procesos y esperas

No.	Actividad	Responsable
1	Identificación de la necesidad	Usuario
2	Diseño 3D del prototipo requerido	Usuario
3	Elaboración de la solicitud de uso de laboratorio	Usuario
4	Espera	
5	Análisis de solicitud	Director
6	Autorización de uso de laboratorio	Director
7	Ingreso al laboratorio	Usuario
8	Solicitud de uso de maquina	Usuario
9	Revisión de existencia de material de trabajo	Usuario
10	Colocación de material en maquina seleccionada	Usuario
11	Inicio de maquinado	Usuario
12	Maquinado	Usuario
13	Finalización de maquinado	Usuario
14	Retirar modelo terminado de maquina	Usuario
15	Verificar dimensiones	Usuario

3.4.2. Mapa de Procesos

Haciendo un análisis de este listado se puede representar en un mapa de procesos identificando los procesos estratégicos, agregadores de valor y los de apoyo.

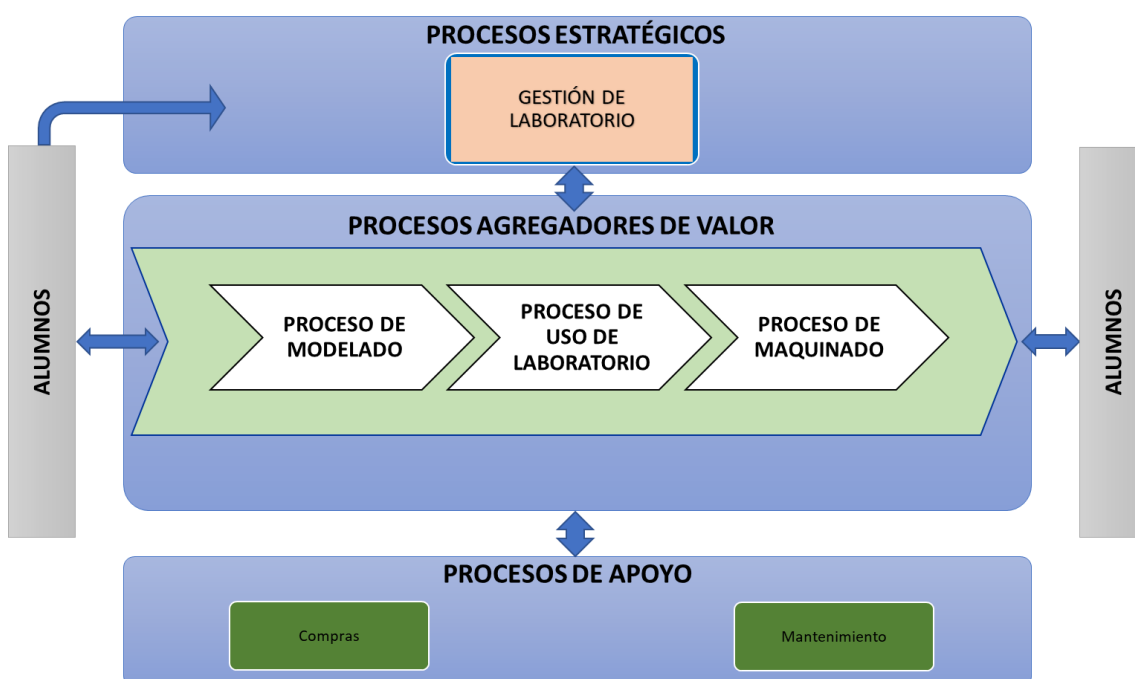


Figura 19. Situación actual - Mapa de procesos

Una vez definidos los macroprocesos se presenta la necesidad de definir procesos y subprocesos, con el objetivo de identificar cada posible actividad del proceso productivo que pueda ser modificada para su respectiva mejora.

La definición de procesos y subprocesos se lo realizará mediante una tabla a la cual se nombrará de aquí en adelante como Inventario de Procesos.

3.4.3. Inventario de Procesos

Una manera sencilla y concisa de observar y analizar los procesos, subprocesos y actividades es el Inventario de Procesos:

Tabla 5.

Situación Actual - Inventario de Procesos

INVENTARIO DE PROCESOS		
PROCESOS	SUBPROCESOS	ACTIVIDADES
MACRO PROCESOS ESTRATÉGICOS		
Gestión de laboratorio	Planificación de la Infraestructura	Equipos, obra civil, insumos, compras, mantenimiento.
	Planificación Académica	Horarios, docentes, aulas, recursos humanos, syllabus, acreditaciones
MACRO PROCESOS AGREGADORES DE VALOR		
Modelado	Identificación de la necesidad	Tener idea inicial, realizar un boceto, verificar factibilidad de elaboración
	Diseño 3D asistido por computadora	Elegir software, croquizar, realizar operaciones 3D, guardar diseño terminado
Uso de laboratorio	Solicitud de ingreso al laboratorio	Elaborar la solicitud, análisis de la solicitud, recibir autorización
	Solicitud de uso de máquina	Pedir autorización de uso de máquina, revisar herramientas y materiales para uso
Maquinado	Colocación de material en máquina	Verificar dimensiones, colocación de pieza, fijar a base
	Importación de diseño	Cargar archivo 3D a CPU, configuración de maquinado

	Iniciar maquinado	Cargar código G, iniciar
	Finalizar maquinado	Retirar prototipo de máquina, limpieza
	Análisis de resultados	Verificación dimensional, verificación de acabado superficial
MACROPROCESOS DE APOYO		
Compras	Adquisición de materiales	Realizar pedidos, receptar pedidos, almacenar
	Adquisición de herramientas	Realizar pedidos, receptar pedidos, almacenar
Mantenimiento	Control de mantenimiento de máquinas	Coordinar mantenimiento preventivo, coordinar mantenimiento correctivo

3.4.4. Análisis de Valor Agregado

Con la información antes recopilada, se procede a realizar el análisis de valor agregado.

Al realizar este análisis se identificará los procesos que agregan valor para el laboratorio de prototipado.

Se mencionarán 3 tipos de procesos:

VAC: Actividades de valor agregado para el cliente. Son las actividades observadas por el cliente y necesarias para generar las salidas que se esperan.

VAN: Actividades de valor agregado para la institución. Actividades necesarias para la organización que no agrega valor desde el punto de vista del cliente.

NVA: Actividades que no generan valor agregado. Actividades no exigidas por el cliente o por el proceso, que existen por un diseño inadecuado o porque el proceso no funciona como debe de ser y que pueden eliminarse sin afectar la salida para el cliente.

La idea del análisis de valor agregado radica en identificar los procesos que tienen falencias en cuanto a su eficiencia, a través del cálculo de índice, que es un porcentaje que evalúa el tiempo de una actividad en función del tiempo total del proceso. (Davila, 2014)

Se considerará todo valor \leq a 75% como no eficiente.

Tabla 6.

Índice de Valor Agregado - Planificación de Infraestructura

PROCESOS ESTRATÉGICOS					
GESTIÓN DE LABORATORIO		SUBPROCESO: Planificación de la Infraestructura			
N°	VA		NVA	ACTIVIDADES	TIEMPO
	VAC	VAE			
1		X		Gestión de Equipos	1440 min
2		X		Gestión de Obra civil	1440 min
3			X	Gestión de compras	480 min
4			X	Gestión de mantenimiento	240 min
TOTAL					3600 min
ÍNDICE DE VALOR AGREGADO					
ACTIVIDAD	TIEMPO	PORCENTAJE			
Valor agregado al cliente	0 min	0%			
Valor agregado a la empresa	2880 min	80%			
No agrega valor	720 min	20%			

TOTAL	3600 min	100%
VAC+VAE	2880 min	80%
ÍNDICE	0.80	

Tabla 7.

Índice de Valor Agregado - Planificación Académica

PROCESOS ESTRATÉGICOS					
GESTIÓN DE LABORATORIO		SUBPROCESO: Planificación Académica			
N°	VA		NVA	ACTIVIDADES	TIEMPO
	VAC	VAE			
1		X		Asignación de horarios	960 min
2		X		Asignación de docentes	960 min
3		X		Asignación de aulas	960 min
4		X		Mapeo de Syllabus	1440 min
5			X	Gestión de Recursos Humanos	480 min
TOTAL					4800 min
ÍNDICE DE VALOR AGREGADO					
ACTIVIDAD	TIEMPO		PORCENTAJE		
Valor agregado al cliente	0 min		0%		
Valor agregado a la empresa	4320 min		90%		
No agrega valor	480 min		10%		
TOTAL	4800 min		100%		
VAC+VAE	4320 min		90%		
ÍNDICE	0.90				

Tabla 8.

Índice de Valor Agregado - Identificación de la necesidad

PROCESOS AGREGADORES DE VALOR					
MODELADO		SUBPROCESO: Identificación de la necesidad			
N°	VA		NVA	ACTIVIDADES	TIEMPO
	VAC	VAE			
1	X			Desarrollo de una idea	60 min
2	X			Realización de boceto	15 min
3			X	Verificar la factibilidad de elaboración	10 min
TOTAL					85 min
ÍNDICE DE VALOR AGREGADO					
ACTIVIDAD	TIEMPO	PORCENTAJE			
Valor agregado al cliente	75 min	88.23%			
Valor agregado a la empresa	0	0%			
No agrega valor	10 min	11.77%			
TOTAL	85 min	100%			
VAC+VAE	75 min	88.23%			
ÍNDICE		0.88			

Tabla 9.

Índice de Valor Agregado - Diseño 3D asistido por computadora

PROCESOS AGREGADORES DE VALOR					
MODELADO		SUBPROCESO: Diseño 3D asistido por computadora			
N°	VA		NVA	ACTIVIDADES	TIEMPO
	VAC	VAE			
1			X	Elección de software	10 min
2	X			Croquizar	125 min
3	X			Realizar operaciones 3D	100 min
4			X	Guardar diseño terminado	5 min
TOTAL					240 min

ÍNDICE DE VALOR AGREGADO		
ACTIVIDAD	TIEMPO	PORCENTAJE
Valor agregado al cliente	225 min	93.75%
Valor agregado a la empresa	0 min	0%
No agrega valor	15 min	6.25%
TOTAL	240 min	100%
VAC+VAE	225 min	93.75%
ÍNDICE		0.93

Tabla 10.

Índice de Valor Agregado - Solicitud de ingreso al laboratorio

PROCESOS AGREGADORES DE VALOR					
USO DE LABORATORIO		SUBPROCESO: Solicitud de ingreso al laboratorio			
N°	VA		NVA	ACTIVIDADES	TIEMPO
	VAC	VAE			
1	X			Elaborar la solicitud	25 min
2		X		Análisis de la solicitud	20 min
3			X	¿Se autoriza?	10 min
4			X	¿No se autoriza?	10 min
TOTAL					65 min
ÍNDICE DE VALOR AGREGADO					
ACTIVIDAD	TIEMPO		PORCENTAJE		
Valor agregado al cliente	25 min		38.46%		
Valor agregado a la empresa	20 min		30.77%		
No agrega valor	20 min		30.77%		
TOTAL	65 min		100%		
VAC+VAE	45 min		69.23%		
ÍNDICE			0.69		

Tabla 11.

Índice de Valor Agregado - Solicitud de uso de máquina

PROCESOS AGREGADORES DE VALOR					
USO DE LABORATORIO		SUBPROCESO: Solicitud de uso de máquina			
N°	VA		NVA	ACTIVIDADES	TIEMPO
	VAC	VAE			
1			X	Ingreso al laboratorio	5 min
2		X		Solicitar máquina	10 min
		X		Verificar materiales y herramientas	5 min
			X	¿Máquina habilitada?	2 min
3			X	¿Máquina no habilitada?	2 min
4		X		Preparar inicio	10 min
TOTAL					34 min
ÍNDICE DE VALOR AGREGADO					
ACTIVIDAD		TIEMPO	PORCENTAJE		
Valor agregado al cliente		0 min	0%		
Valor agregado a la empresa		25 min	73.53%		
No agrega valor		9 min	26.47%		
TOTAL		34 min	100%		
VAC+VAE		25 min	73.53%		
ÍNDICE			0.73		

Tabla 12.

Índice de Valor Agregado - Colocación de material en máquina

PROCESOS AGREGADORES DE VALOR					
MAQUINADO		SUBPROCESO: Colocación de material en máquina			
N°	VA		NVA	ACTIVIDADES	TIEMPO
	VAC	VAE			
1	X			Seleccionar materia prima	10 min

2	X		Verificar dimensiones	5 min
3		X	Colocación de pieza	5 min
4	X		Sujetar a base	10 min
TOTAL				30 min
ÍNDICE DE VALOR AGREGADO				
ACTIVIDAD		TIEMPO	PORCENTAJE	
Valor agregado al cliente		15 min	50%	
Valor agregado a la empresa		10 min	33.33%	
No agrega valor		5 min	16.67%	
TOTAL		30 min	100%	
VAC+VAE		25 min	83.33%	
ÍNDICE			0.83	

Tabla 13.

Índice de Valor Agregado - Importación de Diseño

PROCESOS AGREGADORES DE VALOR				
MAQUINADO		SUBPROCESO: Importación de diseño		
N°	VA	NVA	ACTIVIDADES	TIEMPO
	VAC			
1		X	Abrir software de diseño 3D	5 min
2		X	Cargar modelo 3D a CPU	5 min
3	X		Configuración de parámetros geométricos	15 min
4	X		Configuración de parámetros de desbaste	15 min
TOTAL				40 min
ÍNDICE DE VALOR AGREGADO				
ACTIVIDAD		TIEMPO	PORCENTAJE	
Valor agregado al cliente		30 min	75%	
Valor agregado a la empresa		0 min	0%	
No agrega valor		10 min	25%	

TOTAL	40 min	100%
VAC+VAE	30 min	75%
ÍNDICE	0.75	

Tabla 14.

Índice de Valor Agregado - Iniciar Maquinado

PROCESOS AGREGADORES DE VALOR				
MAQUINADO		SUBPROCESO: Iniciar maquinado		
N°	VA	NVA	ACTIVIDADES	TIEMPO
	VAC			
1		X	Verificación final de configuraciones	3 min
2	X		Generar y guardar código G	5 min
3	X		Cargar código G en software de control de máquina	5 min
4	X		Iniciar proceso	180 min
TOTAL				193 min
ÍNDICE DE VALOR AGREGADO				
ACTIVIDAD	TIEMPO	PORCENTAJE		
Valor agregado al cliente	190 min	98.45%		
Valor agregado a la empresa	0 min	0%		
No agrega valor	3 min	1.55%		
TOTAL	15 min	100%		
VAC+VAE	190 min	98.45%		
ÍNDICE	0.98			

Tabla 15.

Índice de Valor Agregado - Finalizar Maquinado

PROCESOS AGREGADORES DE VALOR					
MAQUINADO		SUBPROCESO: Finalizar maquinado			
N°	VA		NVA	ACTIVIDADES	TIEMPO
	VAC	VAE			
1			X	Abrir tapa	1 min
2			X	Limpieza inicial	1 min
3		X		Retirar sujeciones	3 min
4	X			Retirar modelo terminado	1 min
TOTAL					6 min
ÍNDICE DE VALOR AGREGADO					
ACTIVIDAD	TIEMPO	PORCENTAJE			
Valor agregado al cliente	1 min	16.66%			
Valor agregado a la empresa	3 min	50%			
No agrega valor	2 min	33.34%			
TOTAL	6 min	100%			
VAC+VAE	4 min	66.66%			
ÍNDICE		0.66			

Tabla 16.

Índice de Valor Agregado - Análisis de Resultados

PROCESOS AGREGADORES DE VALOR					
MAQUINADO		SUBPROCESO: Análisis de resultados			
N°	VA		NVA	ACTIVIDADES	TIEMPO
	VAC	VAE			
1	X			Verificación dimensional	5 min
2	X			Verificación geométrica	5 min
3	X			Verificación de acabado superficial	2 min

4	X	Se acepta prototipo	5 min
5		X Se rechaza prototipo	5 min
TOTAL			22 min
ÍNDICE DE VALOR AGREGADO			
ACTIVIDAD	TIEMPO	PORCENTAJE	
Valor agregado al cliente	12 min	54.54%	
Valor agregado a la empresa	5 min	22.72%	
No agrega valor	5 min	22.72%	
TOTAL	22 min	100%	
VAC+VAE	17 min	77.27%	
ÍNDICE		0.77	

Tabla 17.

Índice de Valor Agregado – Compras

PROCESOS DE APOYO					
COMPRAS			SUBPROCESO: Compras		
N°	VA		NVA	ACTIVIDADES	TIEMPO
	VAC	VAE			
1		X		Realizar inventario mensual	60 min
2			X	Elaborar solicitud de compra a dirección	15 min
3			X	Elaborar solicitud de compra a decanato	15 min
4			X	Autoriza/No autoriza	1440 min
5		X		Ejecutar la adquisición	11520 min
6			X	Recibir material	480 min
7		X		Almacenar	480 min
TOTAL					14010 min
ÍNDICE DE VALOR AGREGADO					
ACTIVIDAD	TIEMPO	PORCENTAJE			
Valor agregado al cliente	0 min	0%			
Valor agregado a la	12060 min	86.08%			

empresa		
No agrega valor	1950 min	13.92%
TOTAL	14010 min	100%
VAC+VAE	12060 min	86.08%
ÍNDICE	0.86	

Tabla 18.

Índice de Valor Agregado – Mantenimiento

PROCESOS DE APOYO					
MANTENIMIENTO		SUBPROCESO: Mantenimiento			
N°	VA		NVA	ACTIVIDADES	TIEMPO
	VAC	VAE			
1		X		Limpieza rápida	60 min
2		X		Limpieza de componentes	240 min
3		X		Limpieza y engrase de juntas	480 min
4			X	Mantenimiento del fabricante	480 min
5		X		Calibración	240 min
6			X	Solicitar requerimiento por mantenimiento correctivo	60 min
7		X		Ejecución de mantenimiento correctivo	120 min
TOTAL					1680 min
ÍNDICE DE VALOR AGREGADO					
ACTIVIDAD	TIEMPO	PORCENTAJE			
Valor agregado al cliente	0 min	0%			
Valor agregado a la empresa	1140 min	79.16%			
No agrega valor	540 min	20.84%			
TOTAL	1440 min	100%			
VAC+VAE	1140 min	79.16%			
ÍNDICE	0.79				

3.4.5. Análisis de Procesos Actuales

Es importante realizar un detalle individual de la situación actual de los procesos que conforman el proceso de prototipado del laboratorio de la institución educativa.

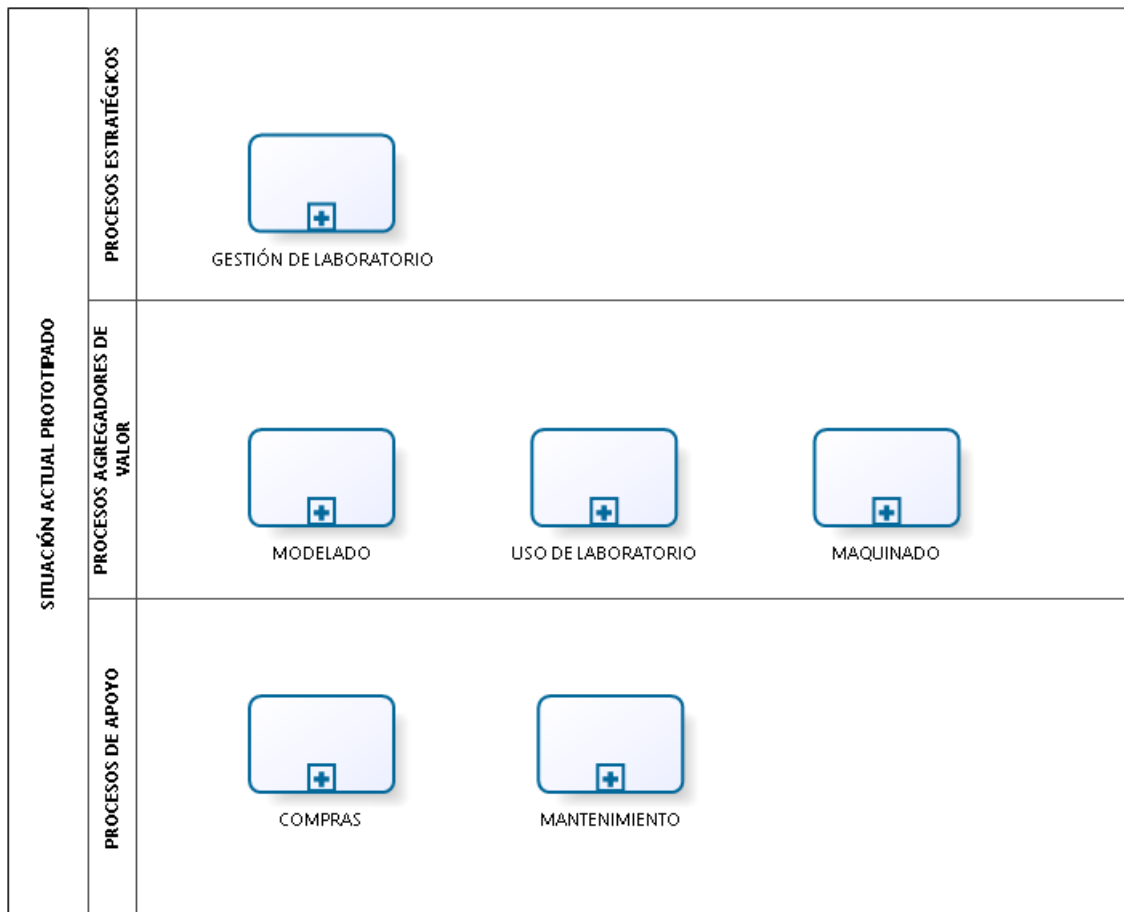


Figura 20. Situación actual – Diagrama de flujo Prototipado

Gestión de Laboratorio



Figura 21. Situación actual – Diagrama de flujo Proceso de Gestión de Laboratorio

- **Planificación de la infraestructura:**

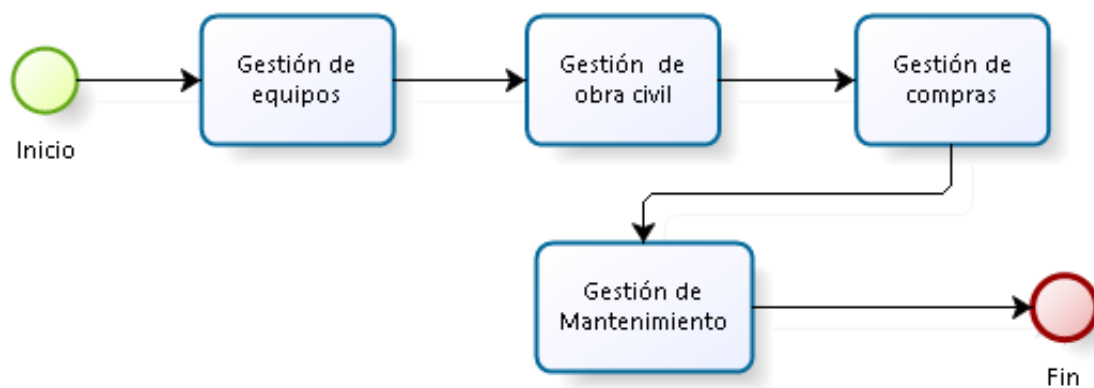


Figura 22. Situación actual – Diagrama de flujo Subproceso de planificación de infraestructura

Este subproceso tiene como función principal el monitoreo constante del estado de equipos e infraestructura en general donde se desarrollan los prototipos. Además del monitoreo se encarga de la búsqueda constante de mejoras, con un objetivo final orientado a la implementación de un Fab Lab.

Otro subproceso es la gestión de compras, el cual se encarga de la adquisición de materiales y herramientas que servirán para la realización de las prácticas de laboratorio. Se pudo constatar que no existe un stock de materiales, con

excepción del material usado en la impresora 3D. Es necesario poner un poco de énfasis en mantener un stock de materiales para la realización de las prácticas.

Finalmente, el subproceso de gestión de mantenimiento, el cual se encarga de gestionar las actividades de mantenimiento de los equipos del área de prototipado del laboratorio de la Institución Educativa. Las máquinas del área de prototipado cuentan con un plan de mantenimiento preventivo, el cual se cumple a cabalidad. En el caso del mantenimiento correctivo se tiene cubierto con contratistas que tienen un tiempo de respuesta bastante rápido cuando se presenta un episodio de avería.

El índice de valor agregado es de 0.80. Como se puede comprobar, este proceso goza de una eficiencia alta, gracias al correcto manejo de este aspecto. Tal vez uno de los obstáculos a vencer es la falta de presupuesto para las mejoras o innovaciones.

Este proceso se encarga de planificar de mejor manera la distribución de asignaturas y de regular los contenidos de las mismas. En el caso puntual del área de prototipado del laboratorio, la dirección de la Institución se encarga de incluir horas de prácticas de laboratorio, con las respectivas prácticas específicas para la utilización de las máquinas del área de prototipado.

Se puede sugerir que exista un análisis más completo de la distribución de horas, ya que por el momento no hay un uso pleno del laboratorio a causa de la falta de trabajos que involucren esta área.

- **Planificación Académica**

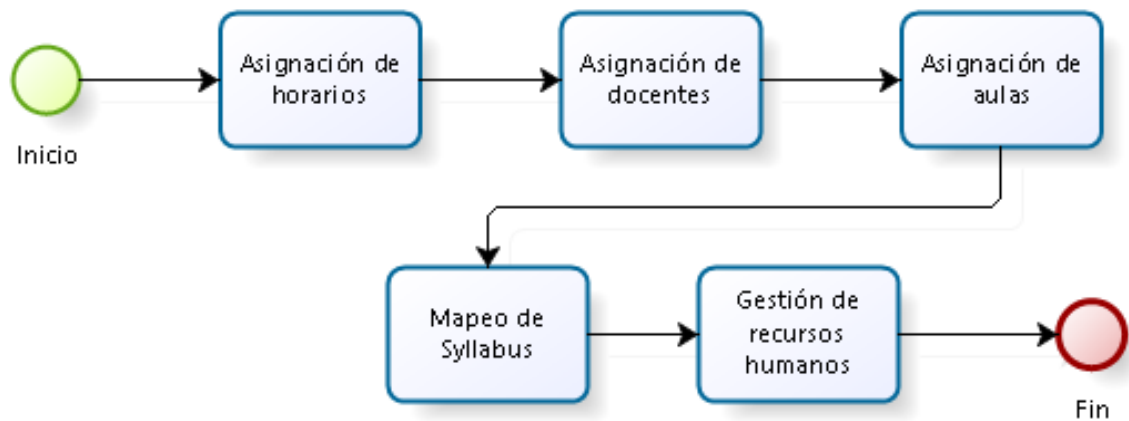


Figura 23. Situación actual – Diagrama de flujo Subproceso de planificación Académica

Este subproceso es el encargado de planificar de la mejor manera los horarios de clase, docentes y aulas de la Institución Educativa, incluyendo al laboratorio.

Otra de las actividades realizadas en este proceso es el manejo del recurso humano, es decir, gestionar actividades con docentes y trabajadores que hagan parte del laboratorio.

El seguimiento de los contenidos a desarrollarse en el laboratorio, es una actividad muy importante ya que de esto depende el contenido de las clases, y por consiguiente de las prácticas que van a realizarse en el laboratorio.

El índice de valor agregado es de 0.90, esto hace que este proceso sea eficiente y no presente mayores problemas.

Modelado

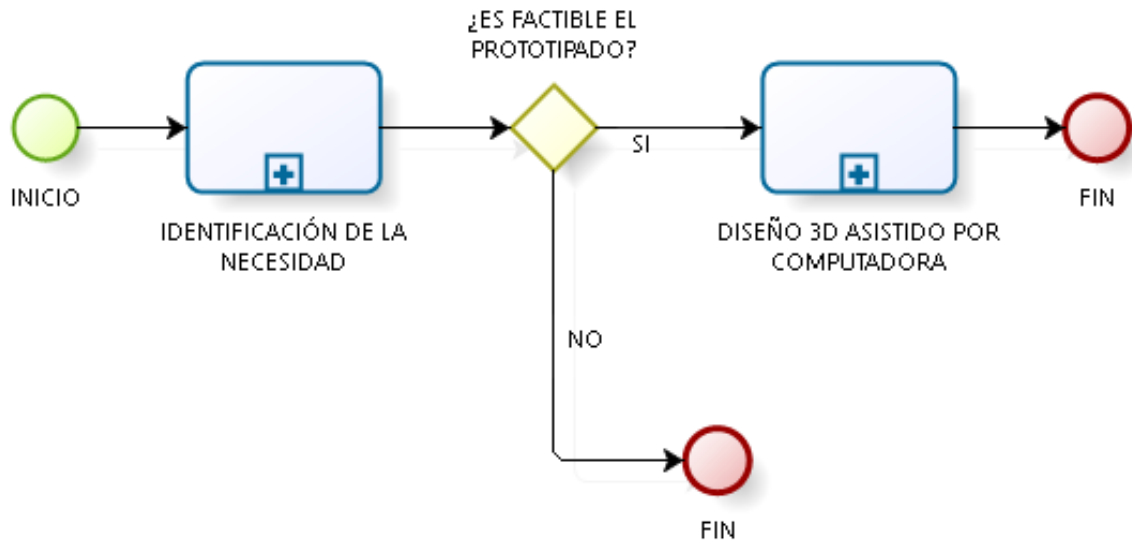


Figura 24. Situación actual – Diagrama de flujo Proceso de Modelado

- **Identificación de la necesidad:**

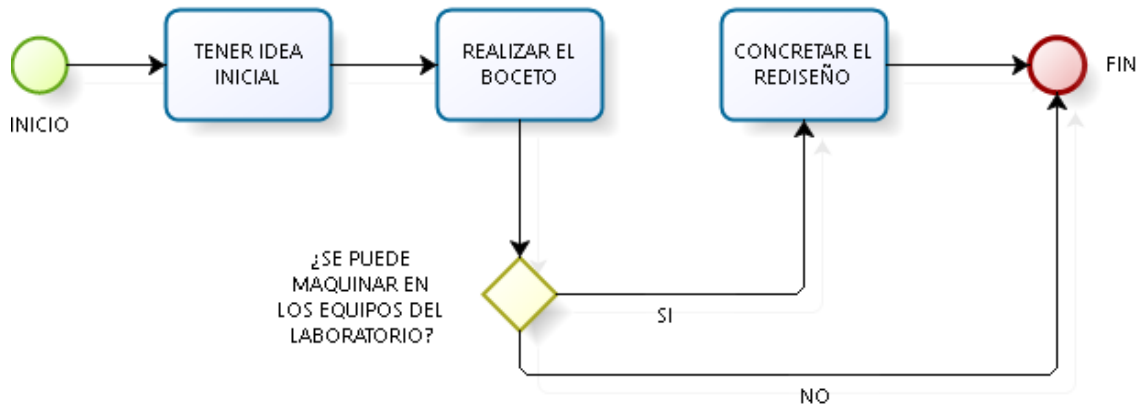


Figura 25. Situación actual – Diagrama de flujo Subproceso de identificación de la necesidad

Por lo general la necesidad es impuesta por la asignatura, en otras palabras, la necesidad es cumplir con el pensum de estudios de la asignatura. Normalmente se programa un proyecto por semestre para cada alumno de la

materia, el tema es libre, al igual de la selección de la máquina para realizar el proyecto. Una vez se tiene en concreto el prototipo a diseñarse, se procede a la elaboración de un boceto básico y posteriormente a verificar a factibilidad de maquinado en el laboratorio.

La mayoría de los estudiantes usan la impresora 3D, ya que es la que tiene la interfaz más sencilla de usar.

El índice de valor agregado es de 0.96, esto quiere decir que no existe demoras y las actividades son ejecutadas de manera correcta. Sin embargo, se analizará posteriormente si existe posibilidad de mejora para este proceso.

- **Diseño 3D asistido por computadora:**

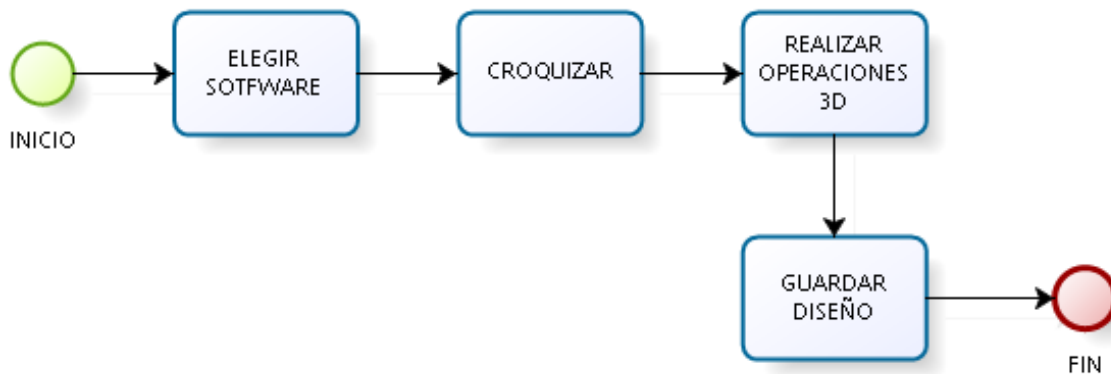


Figura 26. Situación actual – Diagrama de flujo Subproceso de Diseño 3D asistido por computadora

Este proceso es imprescindible para la realización del prototipo, ya que sin un diseño previo es muy difícil maquinar algo. El modelo debe estar realizado en programas de diseño 3D, tales como Autocad 3D, Inventor, Solid Works entre

otros. Esto quiere decir que el estudiante debe tener conocimientos previos de modelado 3D en computadora. Cabe señalar que este proceso no se lo realiza en el laboratorio.

Por lo general los diseños son realizados en Autodesk Inventor, ya que es el software que está instalado en las computadoras del laboratorio.

El índice de valor agregado es de 0.90, esto quiere decir que no existe demoras y las actividades son ejecutadas de manera correcta. Sin embargo, se analizará posteriormente si existe posibilidad de mejora para este proceso.

Uso de Laboratorio

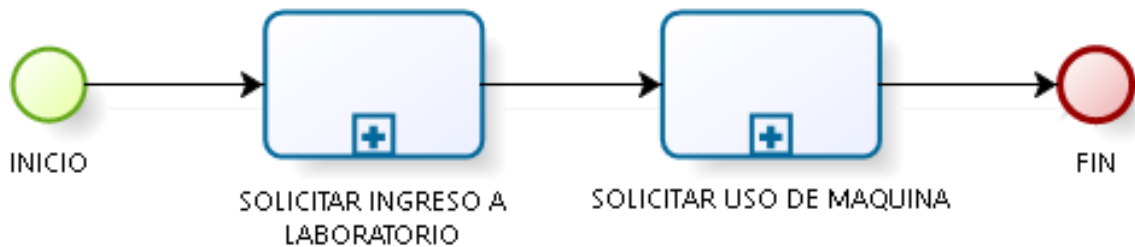


Figura 27. Situación actual – Diagrama de flujo Proceso de Uso de Laboratorio

- **Solicitud de ingreso de laboratorio:**

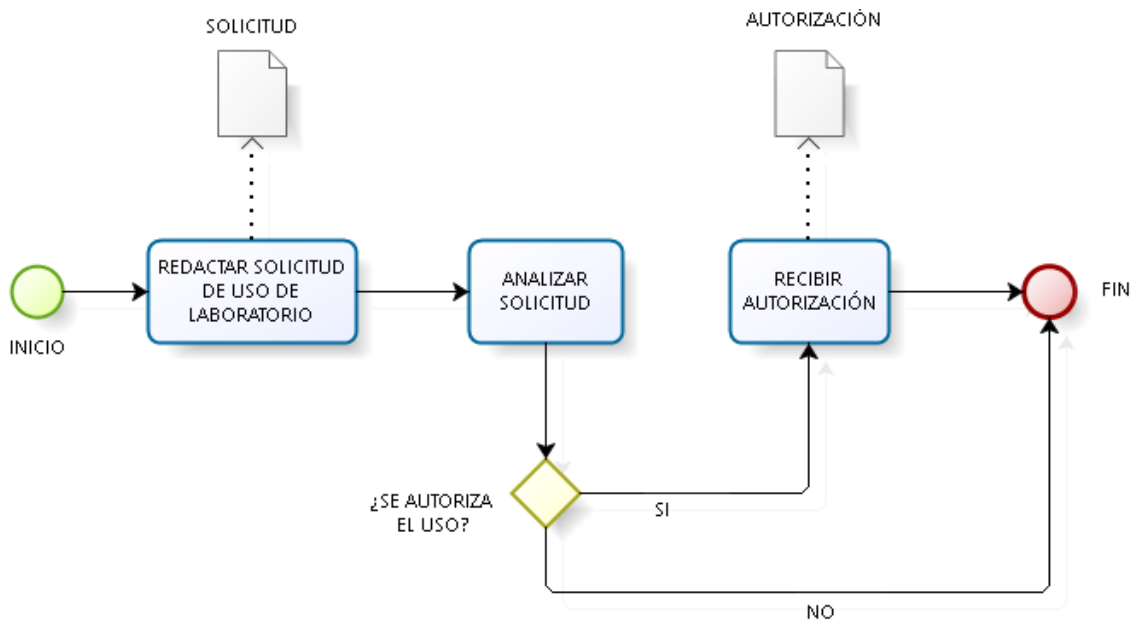


Figura 28. Situación actual – Diagrama de flujo Subproceso de Solicitud de Ingreso al Laboratorio

Los proyectos de prototipado son elaborados fuera de las horas de clases, ya que no es suficiente el tiempo de una clase para realizar un modelo complejo. Por esta razón existe el subproceso de solicitud de laboratorio. Se debe elaborar una solicitud dirigida al director de la Institución indicando razón de uso, fecha y hora. La dirección se encarga del análisis de lo que se planea realizar, verifica disponibilidad y emite una autorización o negación, según sea el caso. Una vez se reciba la autorización, el alumno puede ingresar al laboratorio.

El índice de valor agregado es de 0.69, esto significa que es necesario implementar mejoras para que el alumno sea atendido de una mejor manera.

- **Solicitud de uso de máquina:**

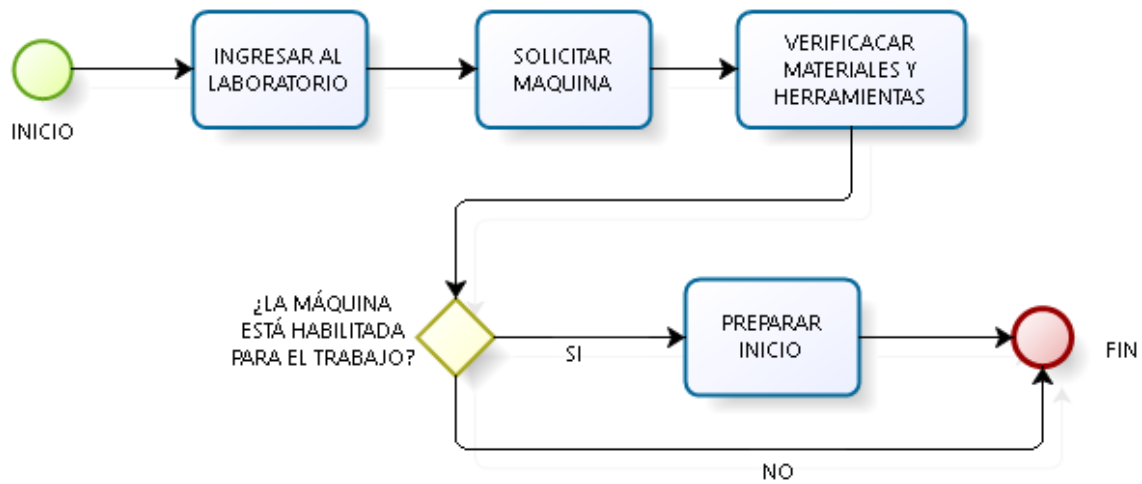


Figura 29. Situación actual – Diagrama de flujo Subproceso de Solicitud de uso de máquina

Al ingresar al laboratorio el alumno debe seleccionar una máquina para la realización de su prototipo. El ayudante de laboratorio es la persona calificada para habilitar las máquinas para su respectivo uso, por esta razón una vez el alumno ingrese al laboratorio debe dirigirse al ayudante y solicitar permiso para usar la máquina. El ayudante debe revisar la existencia de material de trabajo y las herramientas necesarias para la realización de la práctica.

Se pudo observar algunas situaciones que no están del todo correctas. Existen muchas dudas de cómo funcionan las máquinas, específicamente el torno y la fresadora CNC. Incluso el desconocimiento de uso involucra al ayudante de laboratorio. Esta es una razón más por la que los alumnos optan por el maquinado en la impresora 3D.

El índice de valor agregado es de 0.73, es necesario un replanteo de actividades para evitar que se pierda tiempo y se logren mejores resultados.

Maquinado

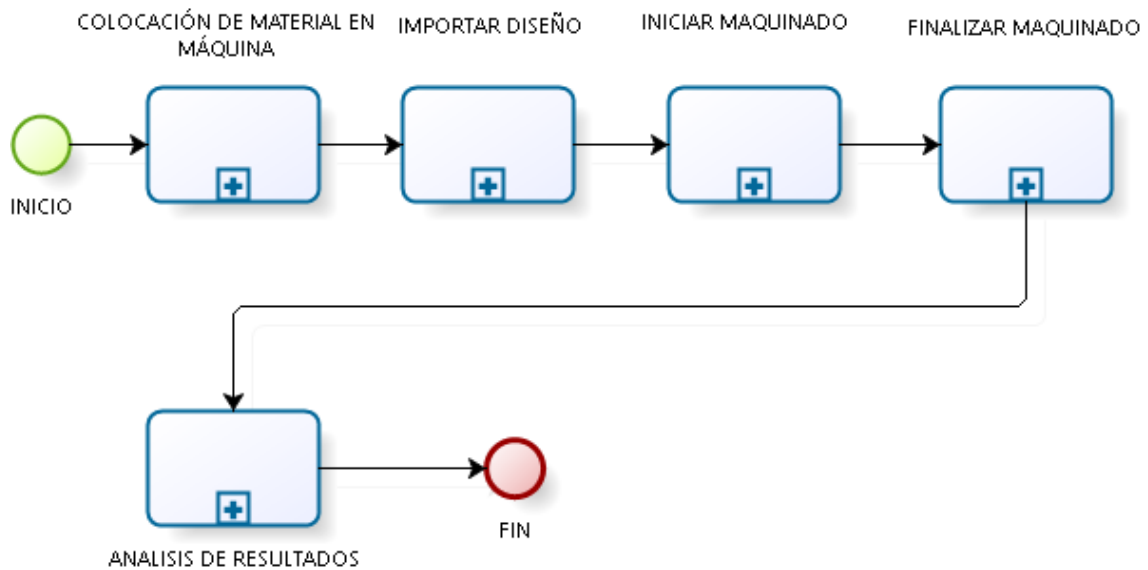


Figura 30. Situación actual – Diagrama de flujo Proceso de maquinado

- **Colocación de material en maquina:**

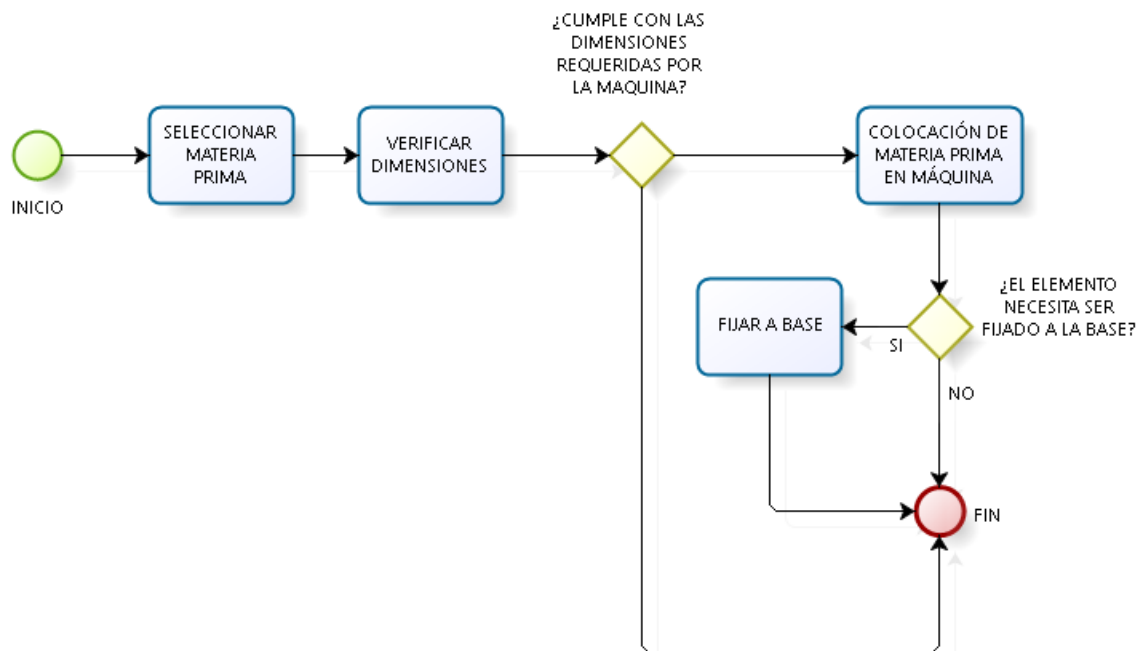


Figura 31. Situación actual – Diagrama de flujo Subproceso de Colocación de material en máquina

Cuando el alumno selecciona la máquina con la cual se va a maquinar el prototipo es necesario analizar las restricciones que posee la máquina. Como se mencionó anteriormente existen algunos tipos de restricciones en las máquinas, las cuales deben ser analizadas a profundidad antes de colocar la materia prima. Una vez confirmado la factibilidad de uso, se procede a la colocación de la materia prima.

La sujeción es de vital importancia en la fresadora y torno. En el caso de la fresadora se debe fijar a la mesa de trabajo, esto se o hace mediante cinta adhesiva doble faz.

En el caso del torno, el apriete del mandril tiene que ser suficiente para garantizar que el modelo no se mueva, sin embargo, esto representa un problema a la hora de usar materiales blandos, ya que el apriete produce fallas superficiales.

El escáner no necesita fijación en el elemento a escanear, ya que el movimiento es en un solo plano. La materia prima de la impresora es un rollo de material plástico, no existe ningún tipo de fijación extra para la realización del trabajo.

El índice de valor agregado es de 0.83; no existe pérdida de tiempo sustancial en sus actividades, sin embargo, se analizará posibles mejoras.

- **Importación de diseño:**

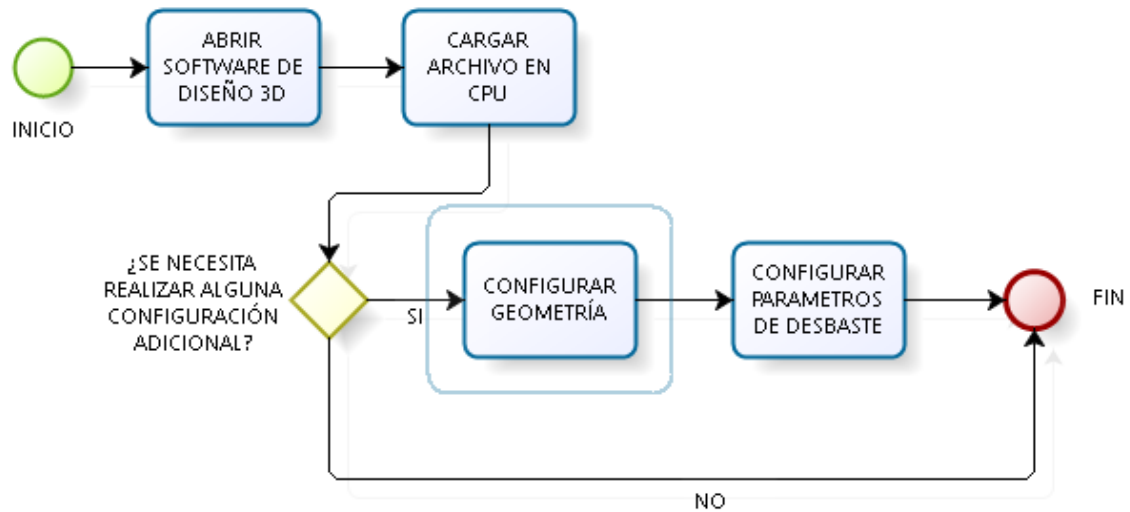


Figura 32. Situación actual – Diagrama de flujo Subproceso de Importación de Diseño

Existe una PC por cada máquina, la cual es necesaria para transmitir el modelo 3D hacia la máquina. Como se mencionó anteriormente las PC previamente se les instaló en software Inventor para poder leer los archivos de los diseños 3D de los estudiantes. Pero además de esto existe un software adicional el cual permite la programación del proceso de maquinado. En el caso del torno y la fresadora existe el Inventor CAM, el cual permite programar todas las actividades de maquinado sobre el material base. En el caso de la impresora 3D, el software makerbot es el encargado de la configuración del proceso de impresión. De igual manera el escáner posee un software propio para las respectivas configuraciones previas al maquinado o escaneado.

Se pudo constatar que la impresora 3D es la máquina más usada, por consiguiente, existe mucha claridad a la hora de realizar la configuración y la carga del archivo que posee el diseño 3D del estudiante, sin embargo, el caso es distinto en el torno y fresadora.

El proceso de configuración resulta un poco complejo, ya que se debe considerar cada tarea para lograr maquinar el modelo. Esto definitivamente se lo debe realizar al menos la primera vez con asesoría del ayudante o docente que posea el conocimiento, sin embargo, el ayudante no domina 100% el uso de este software, haciendo que sea muy difícil que un alumno considere el uso de estas máquinas debido a su complejidad. El docente posee el conocimiento, pero no tiene disponibilidad 100% para estar presente en cada una de las prácticas. El escáner no presenta inconvenientes gracias a la sencillez de su software.

El índice de valor agregado es de 0.75; esto indica que es un proceso que puede ser mejorado, se encuentra en el rango de aceptación, pero será analizado para una mejora.

- **Iniciar maquinado:**

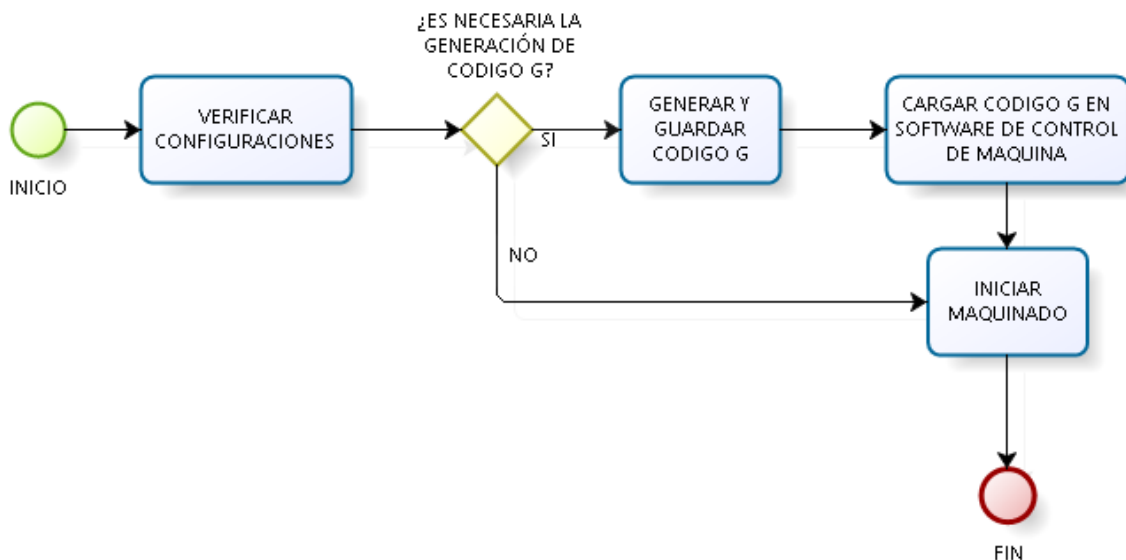


Figura 33. Situación actual – Diagrama de flujo Subproceso de Inicio de Maquinado

Una vez más el principal problema radica en la fresadora y el torno debido a su nivel de complejidad alto en relación con la impresora y el escáner. Una vez se tiene definidas todas las tareas de maquinado, es necesaria la creación de un código G, el cual recopila todas las tareas necesarias para el maquinado del prototipo y lo traduce a un lenguaje que la máquina pueda entender. La generación de este código es automática y se la realiza en el software Inventor CAM. El código es cargado en la máquina a través del software de control (también instalado en la PC), y finalmente se inicia el maquinado dando clic en el botón de inicio.

El maquinado en la impresora se limita a cargar el archivo del diseño 3D en el software de control y se hace clic en iniciar.

Para realizar el proceso de escaneado, una vez colocado el objeto a escáner, se hace clic en iniciar escaneado.

El índice de valor agregado es de 0.66; como se puede observar es un proceso crítico que necesita ser mejorado para tener mejores resultados, tanto productivos como de satisfacción al cliente (alumno).

- **Finalizar maquinado:**

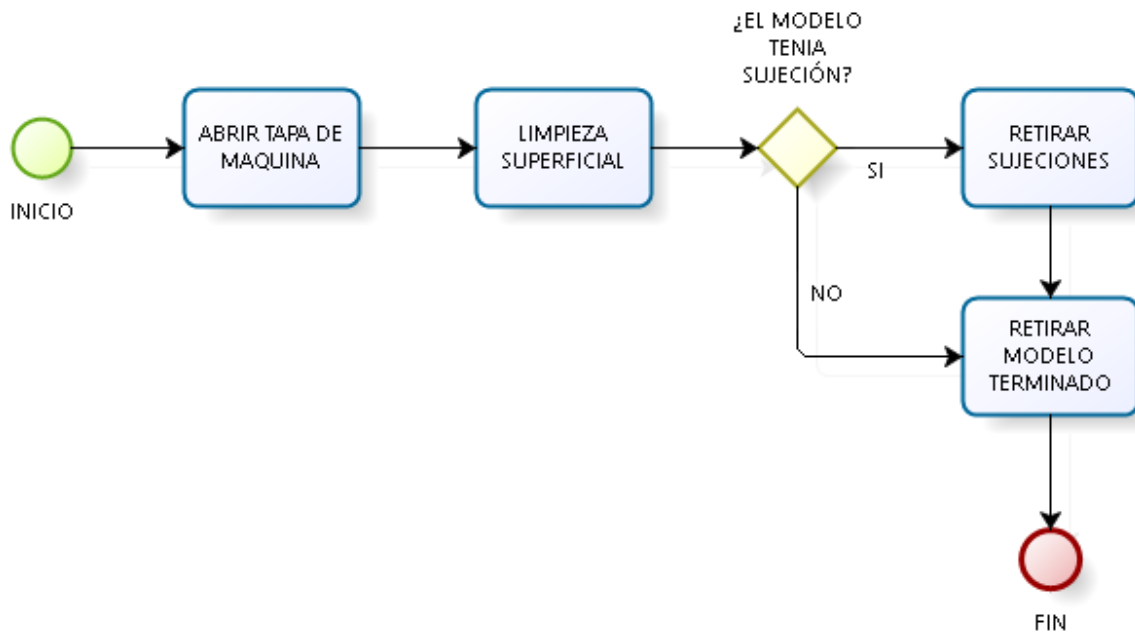


Figura 34. Situación actual – Diagrama de flujo Subproceso de finalizado de maquinado

Este subproceso es variable en cuanto al tiempo, ya que depende mucho de la máquina y de la manera a la cual se la configuró. Como es un proceso automático el alumno debe esperar a que se termine el maquinado, sin embargo, es necesario que se supervise el procedimiento todo el tiempo, ya que puede ocurrir alguna situación que afecte el maquinado. Una vez se termine el proceso se procede a retirar el modelo y limpiar el área de residuos.

El índice de valor agregado es de 0.66; es necesario plantear mejoras para este proceso.

- **Análisis de resultados:**

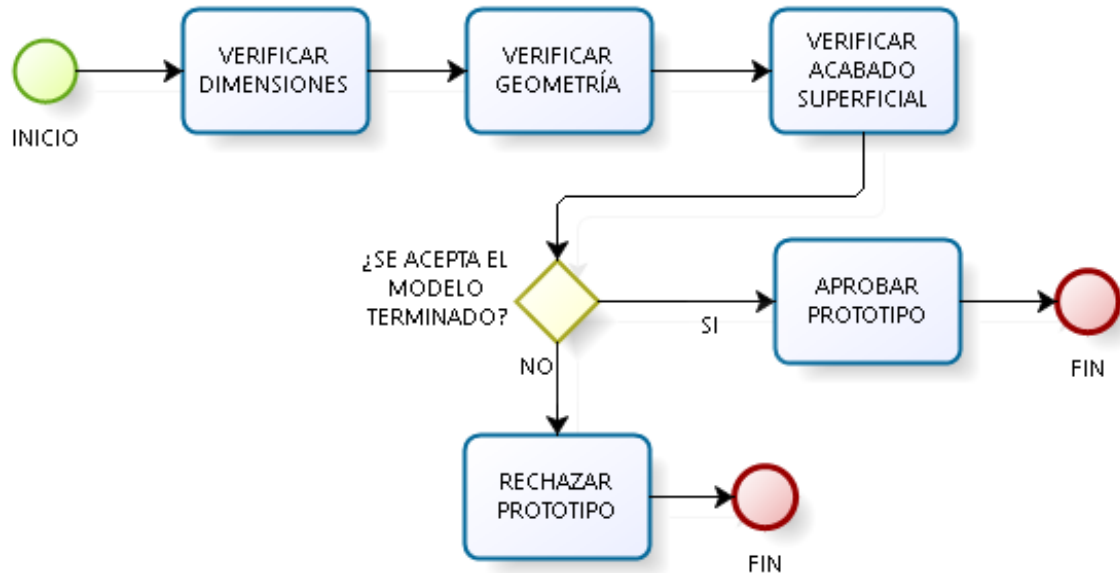


Figura 35. Situación actual – Diagrama de flujo Subproceso de Análisis de Resultados

Este subproceso se basa en evaluar dimensional y geoméricamente el prototipo terminado. Las mediciones se las realiza con regla, pie de rey o flexómetro, según exista disponibilidad en el laboratorio. Una vez confirmados estos parámetros se realiza un tratamiento superficial con el uso de lijas, hasta obtener el acabado superficial deseado. Finalmente se aprueba o se desecha el prototipo.

El índice de valor agregado es de 0.77; este proceso se encuentra dentro de los límites de aceptación, de todas maneras, se considerará un análisis de mejora.

Compras

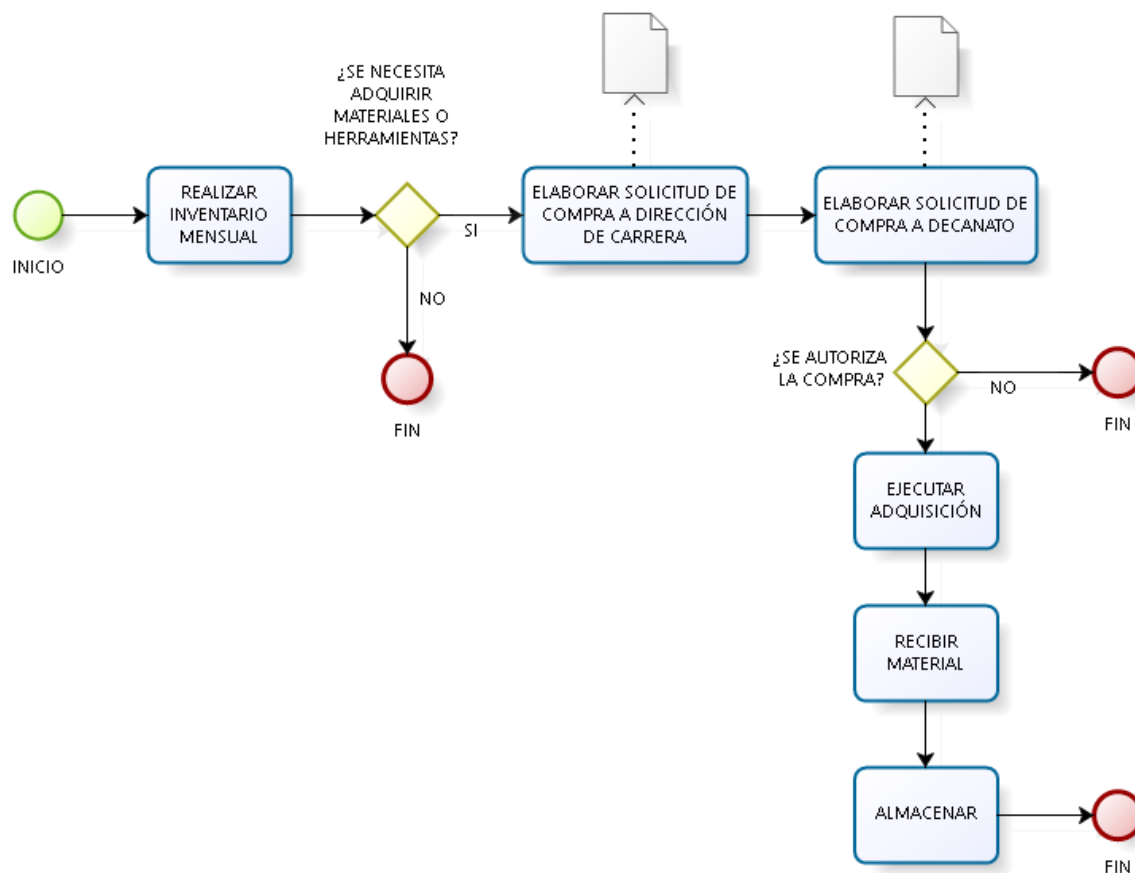


Figura 36. Situación actual – Diagrama de flujo Proceso de Compras

Este proceso de apoyo involucra las actividades que tienen que ver con la adquisición de materiales de trabajo para las prácticas estudiantiles, herramientas e insumos para las máquinas y los consumibles que se gastan con cada práctica. Las actividades que van desde el inventario de materiales, hasta la adquisición y almacenamiento de los mismos se toman en cuenta en este proceso.

La adquisición de materiales por lo general se hace cada inicio de semestre, y los inventarios se los realiza mensualmente. Si por alguna razón los materiales o consumibles se acaban antes de tiempo, el ayudante de laboratorio tiene la

obligación de pedir mediante formulario electrónico a la dirección de la Institución se haga la compra del mismo. Esta solicitud se la realiza vía correo electrónico. A su vez la dirección de la Institución analiza y aprueba la compra, remitiendo a la Dirección Financiera de la Institución Educativa.

Los materiales llegan al laboratorio aproximadamente un mes después de la solicitud inicial por parte del ayudante de laboratorio.

Durante la práctica se pudo constatar que no todo el tiempo existen los materiales en stock, y en muchos de los casos el estudiante debe llevar su propio material o maquinar en la impresora 3D, ya que para esta máquina se compra con mayor agilidad los insumos.

El índice de valor agregado es de 0.87, aunque no representa atrasos directos al proceso productivo se va a considerar un análisis de mejora para evitar el excesivo tiempo que demora ejecutar una adquisición.

Mantenimiento

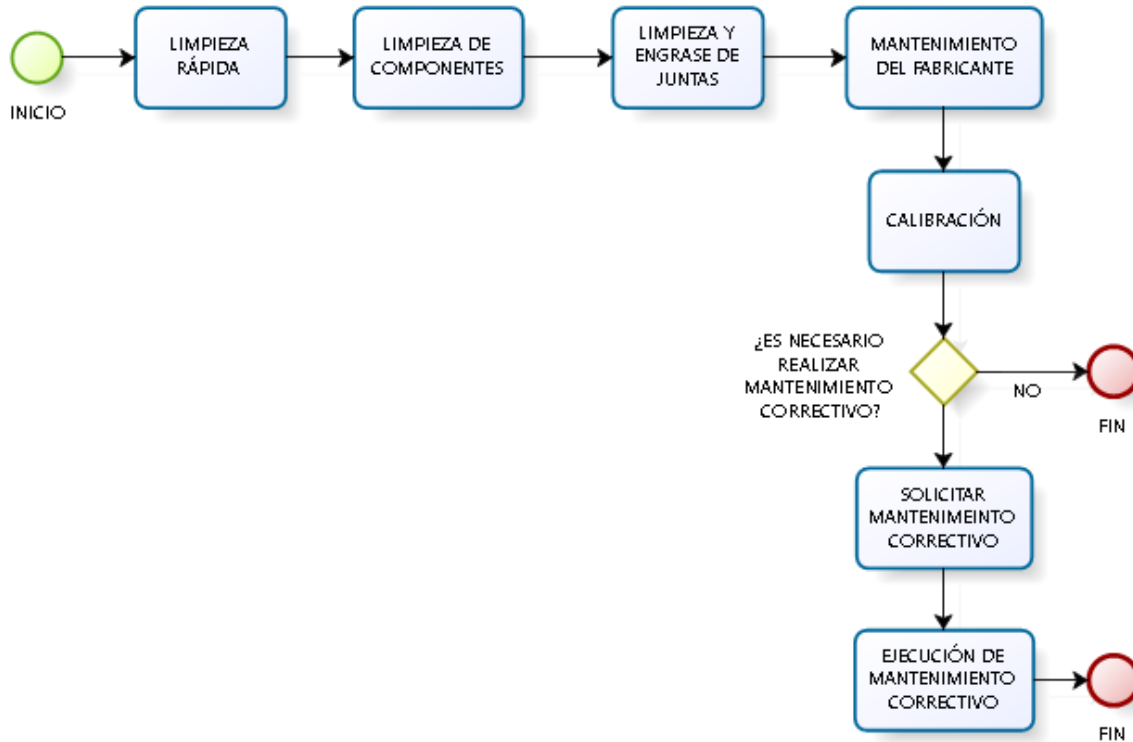


Figura 37. Situación actual – Diagrama de flujo Proceso de Mantenimiento

Este proceso involucra todas las actividades de mantenimiento tanto preventivo como correctivo de las máquinas del área de prototipado del laboratorio.

El laboratorio cuenta con un plan de mantenimiento debidamente establecido, el cual cuenta con un cronograma de mantenimiento preventivo, el cual debe ser controlado por el ayudante de laboratorio para que sea cumplido a cabalidad. En el caso del mantenimiento correctivo es manejado de manera ágil para solucionar en poco tiempo el daño causado.

Tanto el mantenimiento preventivo como el correctivo son realizados por una empresa externa, la cual es contratada directamente por la dirección de la institución.

El índice de valor agregado es de 0.79; este índice no hace que sea un proceso crítico, sin embargo, se estudiará la posibilidad de mejoras.

Tabla 19.

Resumen de Análisis de Valor Agregado

RESUMEN DE ANÁLISIS DE VALOR AGREGADO		
PROCESO	SUBPROCESO	ÍNDICE
MACRO PROCESOS ESTRATÉGICOS		
Gestión de laboratorio	Planificación de Infraestructura	0.80
	Planificación Académica	0.90
MACRO PROCESOS AGREGADORES DE VALOR		
Modelado	Identificación de la necesidad	0.88
	Diseño 3D asistido por computadora	0.93
Uso de laboratorio	Solicitud de ingreso al laboratorio	0.69
	Solicitud de uso de maquina	0.73
Maquinado	Colocación de material en máquina	0.83
	Importación de diseño	0.75
	Iniciar maquinado	0.98
	Finalizar Maquinado	0.66
	Análisis de resultados	0.77
MACRO PROCESOS DE APOYO		
Compras	Adquisición de materiales, herramientas y consumibles	0.86
Mantenimiento	Control de mantenimiento de maquinas	0.79

Como se puede observar en la tabla anterior, se tienen identificados procesos que tienen baja eficiencia, esto por supuesto provoca que en general el prototipado se vea afectado, ya que estos procesos son justamente productivos.

Estos procesos hacen que el prototipado, como actividad del laboratorio de la Institución Educativa, sea ineficiente. La mejora de los índices de valor agregado en estos procesos identificados como ineficientes es necesaria para mejores resultados.

Además de esto se pudo identificar la carencia de información principalmente en la de los procesos agregadores de valor. No está definido un proceso selección de máquina, no existe un instructivo de uso de máquinas, el proceso de solicitud de uso de laboratorio se torna burocrático, produciendo pérdida de tiempo. Todo esto será analizado en el siguiente capítulo del presente proyecto de titulación.

Para un mejor entendimiento se desarrolló un diagrama de Pareto utilizando los datos antes calculados:

Tabla 20.

Tabulación Diagrama de Pareto

N°	PROCESO	NIVEL DE DESEMPEÑO DE LAS ACTIVIDADES	% RELATIVO	% ACUMULADO
1	Inicio de maquinado	0.98	9.2	9.2
2	Identificación de la necesidad	0.96	9.0	18.3
3	Planificación académica	0.9	8.5	26.7

4	Diseño 3d	0.9	8.5	35.2
5	Adquisición de materiales	0.86	8.1	43.3
6	ubicación de material en maquina	0.83	7.8	51.1
7	Planificación	0.8	7.5	58.7
8	Control de mantenimiento	0.79	7.4	66.1
9	Análisis de resultados	0.77	7.3	73.4
10	importación de diseño	0.75	7.1	80.4
11	Solicitud de uso de máquina	0.73	6.9	87.3
12	Solicitud de ingreso	0.69	6.5	93.8
13	Finalización de maquinado	0.66	6.2	100.0
TOTAL		10.62	100.0	

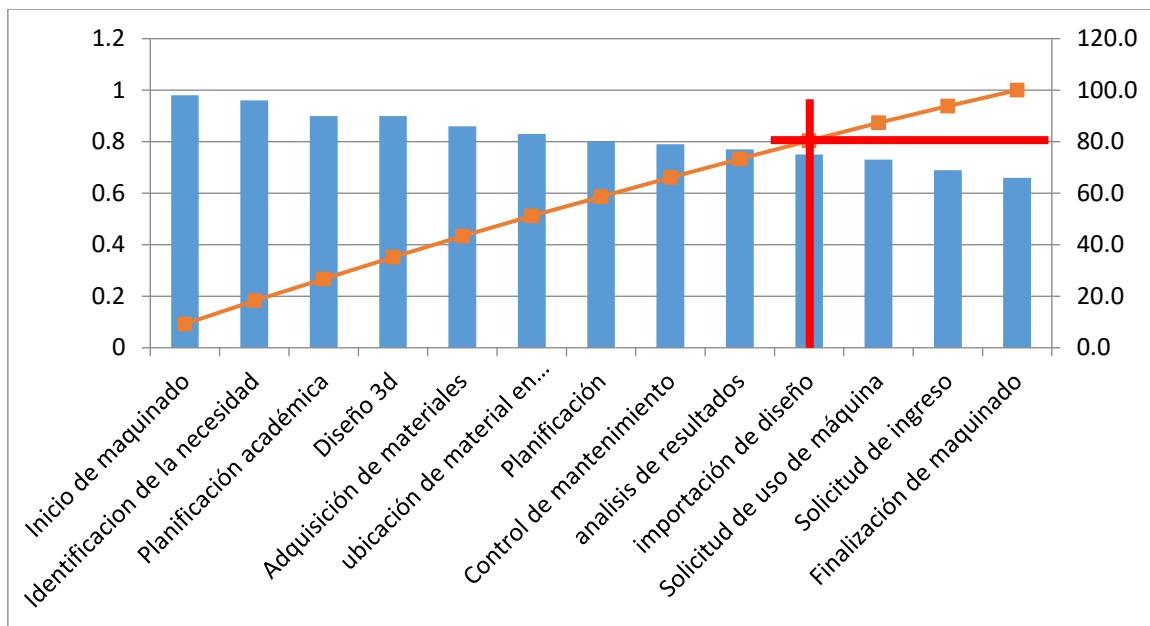


Figura 38. Datos de diagrama de Pareto

3.5. Medición de Desempeño

Si no se puede medir, no se puede controlar. La función de los indicadores es justamente medir, con el propósito de identificar variaciones positivas o negativas en los procesos. La toma de decisiones tiene mucho que ver con los números que manejan los indicadores.

El laboratorio de la Institución Educativa, específicamente el área de Prototipado no cuenta con indicadores formalmente establecidos, sin embargo, está implícito la información para medir el uso y la mantenibilidad.

3.5.1. Uso

Como medición es importante conocer cuál es el margen de uso de los equipos de laboratorio. Esta medición se la realiza en función del tiempo.

El actual uso de las máquinas del área de Prototipado se rige básicamente a las materias que hacen uso de esta área, más específicamente al horario. Quiere decir que existe un número de veces que se utilizan los equipos en un lapso de tiempo determinado.

Como referencia de tiempo se tomará tiempos de manera mensual, para conocer la cantidad de veces que se usaron los equipos en este intervalo de tiempo.

Tabla 21.

Situación Actual - Indicador de Uso

FICHA DE INDICADOR	
NOMBRE DE INDICADOR:	USO
DESCRIPCIÓN:	ES EL PORCENTAJE QUE RELACIONA EL NUMERO DE HORAS DE USO CON EL TOTAL DE HORAS EN UN DIA DE TRABAJO
TIPO DE COMPORTAMIENTO:	DISCRETO
LÍNEA BASE:	REPORTES DE COORDINADOR
UNIDAD DE MEDIDA:	PORCENTAJE
FUENTE:	COORDINADOR DE LABORATORIO / AYUDANTE DE LABORATORIO
MÉTODO DE CÁLCULO:	$(\text{HORAS LABORADAS} / \text{TOTAL DE HORAS LABORADAS}) \times 100$
FECHA DE INICIO:	01/04/2018
FECHA DE FIN:	30/04/2018
JERARQUÍA DEL INDICADOR:	RESULTADO
FRECUENCIA DE ACTUALIZACIÓN:	MENSUAL
INDICADOR FRACCIONAL:	SI
RESPONSABLE:	COORDINADOR DE LABORATORIO / AYUDANTE DE LABORATORIO
EVIDENCIABLE:	INFORME MENSUAL
METAS:	$\geq 75\%$

3.5.2. Mantenibilidad

Otro parámetro importante es conocer si el equipo de laboratorio ha recibido mantenimiento o no. Normalmente en el cronograma de trabajo de los laboratoristas se menciona la cantidad de mantenimientos que se realizan en determinado tiempo.

Por motivos didácticos se planteará el tiempo en un año.

Tabla 22.

Situación Actual - Indicador de Mantenibilidad

FICHA DE INDICADOR	
NOMBRE DE INDICADOR:	MANTENIBILIDAD
DESCRIPCIÓN:	ES EL NUERO DE MANTENIMIENTOS REALIZADOS A LOS EQUIPOS DE LABORATORIO EN UN AÑO DE LABORES
TIPO DE COMPORTAMIENTO:	DISCRETO
LÍNEA BASE:	REPORTES DE MANTENIMIENTO
UNIDAD DE MEDIDA:	VALOR NUMÉRICO
FUENTE:	ASISTENTE DE DIRECCIÓN
MÉTODO DE CÁLCULO:	CONTEO DE CANTIDAD DE MANTENIMIENTOS
FECHA DE INICIO:	01/04/2018
FECHA DE FIN:	31/03/2019
JERARQUÍA DEL INDICADOR:	RESULTADO
FRECUENCIA DE ACTUALIZACIÓN:	ANUAL
INDICADOR FRACCIONAL:	SI
RESPONSABLE:	ASISTENTE DE DIRECCIÓN
EVIDENCIABLE:	INFORME DE MANTENIMIENTOS
METAS:	MANTENIMIENTO EN LA TOTALIDAD DE EQUIPOS

3.6. Evaluación

El área de prototipado del laboratorio de la Institución Educativa no puede ser considerada como un órgano independiente, ya que fue concebida como ayuda pedagógica para los estudiantes de la institución educativa. Por esta razón no es factible realizar una evaluación tan profunda. Una vez se concrete el propósito de este proyecto de titulación se realizará una evaluación profunda. En este punto es suficiente realizar un análisis FODA.

Tabla 23.

FODA

FORTALEZAS	DEBILIDADES
Se dispone de equipos aptos para la realización de tareas de prototipado	Falta de conocimiento técnico de personal de apoyo
Necesidad creciente de maquinado de prototipos	Disponibilidad de material limitada para practicas estudiantiles
Conocimientos específicos por parte de docentes	Escaso uso de máquinas programadas con código G
Existe espacio físico que brinda ventajas para el maquinado	Uso excesivo de impresora 3D
	No hay apertura para usuarios externos a la Institución
OPORTUNIDADES	AMENAZAS
Mejorar los procesos que involucran el prototipado	Falta de interés por parte de estudiantes
Capacitar a docentes y personal de apoyo al aprovechamiento total del resto de maquinas	Estancamiento de avances en este tema con respecto a otras instituciones educativas
Mejorar la calidad de los prototipos	Falta de innovación en el área CAD/CAM
Mejorar el contenido de las practicas técnicas	Perdidas económicas por desconocimiento de uso

4. Desarrollo de una Propuesta de Optimización

Una vez analizada la situación actual del área de prototipado del laboratorio de la institución educativa, se concluye que es necesario un cambio de filosofía de uso, y la implementación de gestión por procesos es la opción más factible. (Herrera Martinez, 2013), (Avila Guevara, 2015), (Espinosa Silva, 2014)

4.1. Análisis de Causa Raíz

Como se mencionó en el capítulo 3 del presente proyecto de titulación, el principal problema a atacar es la poca integración existente entre el trabajo que realiza cada una de las máquinas y la interacción con el usuario o estudiante.

La disposición de uso del laboratorio fue creada como un complemento didáctico para las asignaturas que forman el plan académico de la Institución. El uso de las máquinas de prototipado está limitado a la programación de las prácticas de laboratorio programadas con anticipación. Además de estas prácticas, los alumnos pueden acceder voluntariamente al área de prototipado a través de autorización directa de la Dirección de la Institución.

Una vez el estudiante tiene el permiso correspondiente, procede a usar el laboratorio para la elaboración del prototipo, se enfrenta al problema de la selección de la máquina. El estudiante o usuario no posee un instructivo que indique que máquina escoger, por esta razón es que se opta por la máquina con interfaz más amigable y fácil posible, la impresora 3D. Muchas veces el usuario o estudiante opta por cambiar su prototipo para superar las restricciones de la impresora, haciendo que el uso de máquinas como el torno y

la fresadora sea subutilizado, y provocando que los mantenimientos en la impresora sean más recurrentes.

A continuación, se elaborará la propuesta que solucionarán estos problemas planteados.

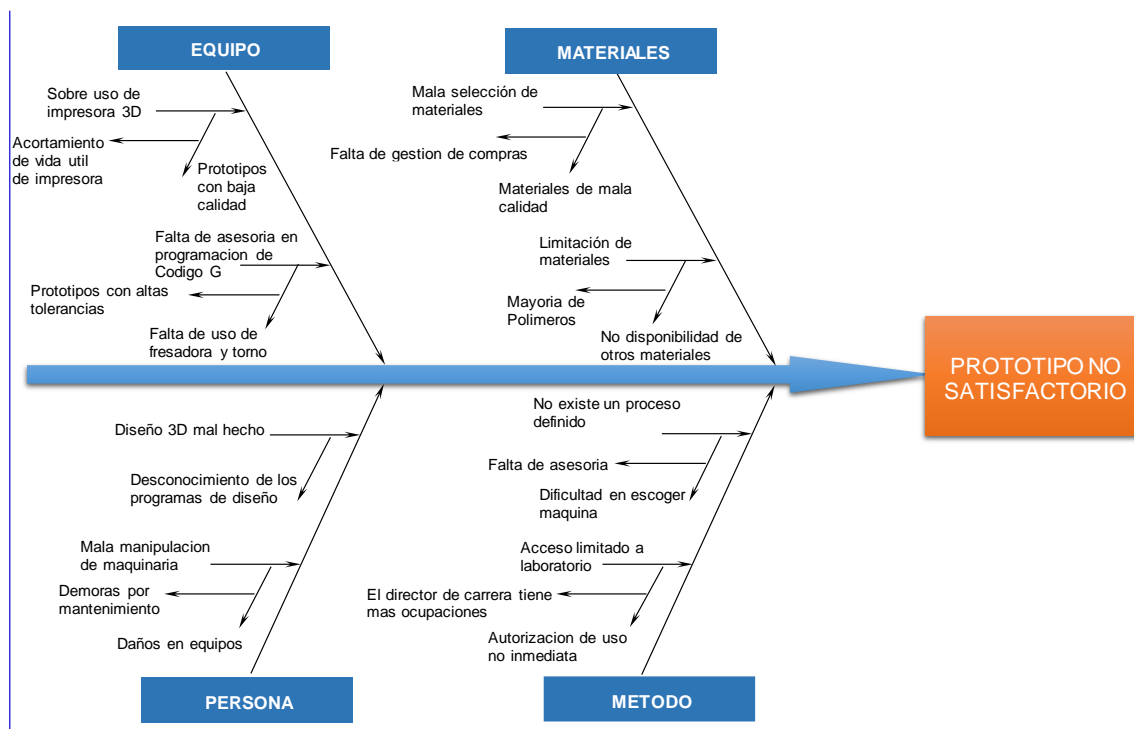


Figura 39. Diagrama Ishikawa – Causa Raíz

Se concluye que la causa principal se halla en la falta de asesoría para el uso del laboratorio, haciendo énfasis especial en el uso de las máquinas. (Betancourt, 2016)

La propuesta de intervención abarca los siguientes aspectos:

- Elaborar un sistema en el cual el coordinador de trabajo o el ayudante de laboratorio conozcan el plan de trabajo de cada usuario, con el fin de estar listos para brindar asesoría oportuna.
- Agilizar el proceso de ingreso al laboratorio, ya que depende plenamente de la autorización del director de la Institución.
- Evitar el sobreuso de la impresora 3D, ya que gracias a su facilidad los estudiantes no utilizan las demás máquinas.
- Establecer un plan de compras, con el objetivo que exista mayor disponibilidad de materiales.

4.2. Propuestas de Remediación

4.2.1. Filosofía Organizacional

Como se pudo ver en el capítulo 3, el laboratorio no tiene establecida una filosofía organizacional.

El primer paso para empezar el cambio radica en conocer que, y como se hace en el laboratorio el trabajo de prototipado, así como también que es lo que se piensa hacer en un periodo determinado de tiempo a futuro. Para esto se planteará la misión y visión.

4.2.1.1. Misión

Proporcionar las herramientas necesarias para la realización exitosa de prototipos a pequeña escala, en base al correcto uso de tecnología de punta y con alto enfoque en calidad y buen uso de los procesos.

4.2.1.2. Visión

Para el año 2022 ser un laboratorio óptimo que satisfaga las necesidades del prototipado y ser referentes del a nivel local en cuanto al maquinado de prototipos.

4.2.1.3. Objetivos Estratégicos

Crecimiento

Incrementar la producción de prototipos en un 50% de la capacidad actual.

Satisfacción al cliente

Alcanzar un 100% en satisfacción del usuario o estudiante.

Productividad

Desarrollar metodologías de planificación, seguimiento y control de procesos internos y proyectos acorde a la estructura organizacional del laboratorio.

4.2.2. Levantamiento de Procesos

Una vez comprobado que la gestión del área de prototipado del Laboratorio de la institución educativa no es manejada con un sistema eficaz, y según la evaluación hecha en el capítulo anterior presenta muchas deficiencias. La buena noticia es que la identificación de las deficiencias es la oportunidad para plantear mejoras.

4.2.2.1. Caracterización de Procesos

La caracterización de los procesos involucra la identificación de las condiciones y elementos que hace parte de un proceso (Tobón, 2016). En este caso para realizar una correcta caracterización se propone la realización de un diagrama SIPOC (Suppliers – Inputs – Process – Output – Customers) del proceso de prototipado:

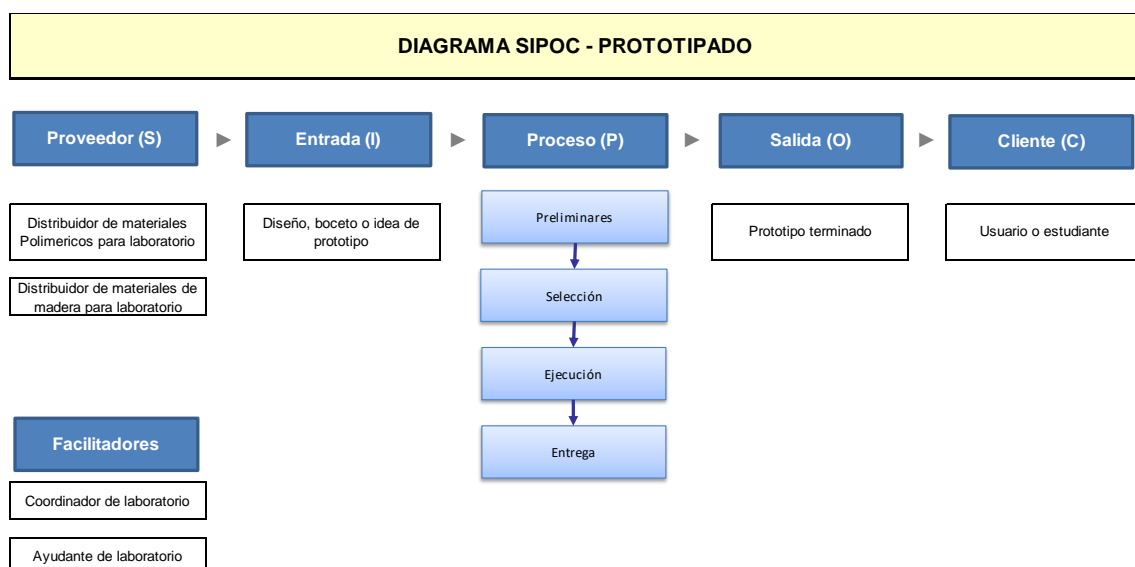


Figura 40. Diagrama SIPOC, Caracterización de Procesos

Tomado de (Jimenez, 2012)

4.2.2.2. Replanteo de Procesos

El replanteo de los procesos agregadores de valor fue muy importante, ya que es el punto de partida de toda la gestión por procesos. A diferencia de la cadena de valor que se tiene en este momento, la propuesta enuncia 4 procesos agregadores de valor:

- Proceso de Preliminares.
- Proceso de Selección.
- Proceso de Ejecución.
- Proceso de Entrega.

4.2.2.2.1. Implementación de Procesos Estratégicos

Este proceso llevará el mismo nombre, ya que define enteramente todo lo que tiene que ver con la dirección del laboratorio.

Además de los subprocesos y actividades que maneja al momento la Dirección de la Institución, se tomará en cuenta la interrelación de los procesos, subprocesos y actividades que hacen parte del Prototipado.

4.2.2.2.2. Implementación de Procesos Agregadores de Valor

Existen 2 cambios sustanciales en los procesos agregadores de valor. La primera diferencia radica en la cantidad, puesto que se añadió un proceso extra, y la segunda y más importante es la redefinición de los mismos.

Dentro del proceso de Preliminares se consideran los subprocesos y actividades que se deben hacer previo al maquinado, incluso previo al ingreso al laboratorio. Esto involucra los análisis previos (factibilidad y condiciones particulares), modelado y solicitudes de uso de laboratorio y máquinas.

El proceso de Selección se lo consideró individualmente gracias a la enorme importancia que radica el saber qué equipo es el más adecuado para la realización de un prototipo exitoso.

El proceso de Ejecución diferencia las actividades de maquinado con escaneado, ya que son procesos inversos y no se le había dado la diferenciación debida. Dentro del proceso de maquinado se tienen en cuenta todas las actividades de uso de las máquinas, desde la configuración inicial hasta la entrega.

El proceso de Entrega abarca el análisis y verificación de los resultados, y la entrega final del prototipo. Como agregado también se analiza los procedimientos de ensamblaje, dado el caso el prototipo conste de 2 o más piezas.

A continuación, se puede apreciar la cadena de valor, incluyéndose los subprocesos respectivos:

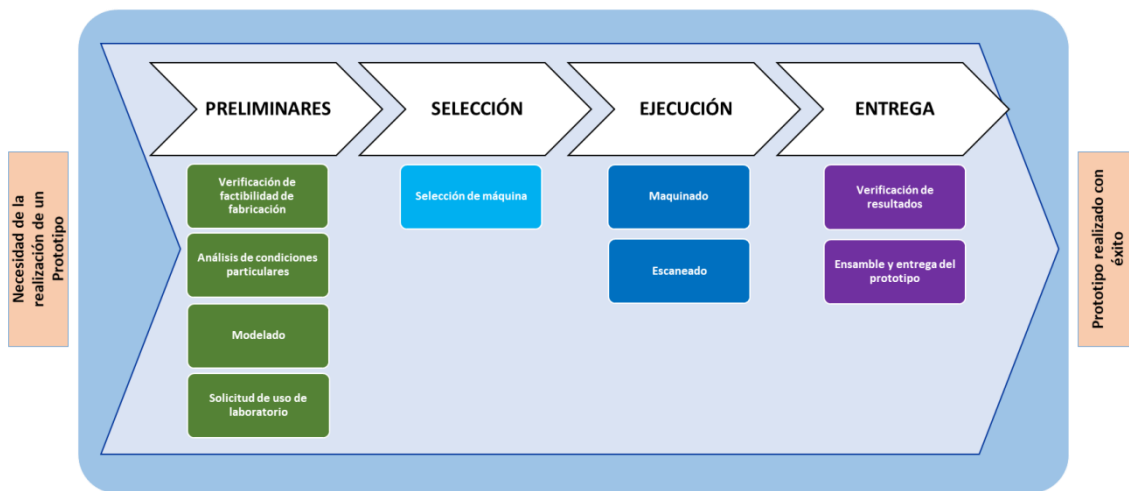


Figura 41. Propuesta de Cadena de Valor

4.2.2.3. Implementación de Procesos de Apoyo

Se mantendrá los Procesos de Compras y de Mantenimiento, ya que siguen siendo muy importantes para el desarrollo de las actividades del laboratorio, pero se buscó agregar un proceso que hasta el momento no se lo ha tomado formalmente.

La asesoría resulta un apoyo importante para el desenvolvimiento de las prácticas, ya que se tiene mayor certeza de éxito si existe un ente que supervisa y resuelve dudas al realizar los prototipos.

4.2.2.3. Mapa de Procesos

Una vez está definida la cadena de valor, es necesario involucrar a los procesos estratégicos y a los de apoyo para representar el funcionamiento del laboratorio desde la visión de los procesos.

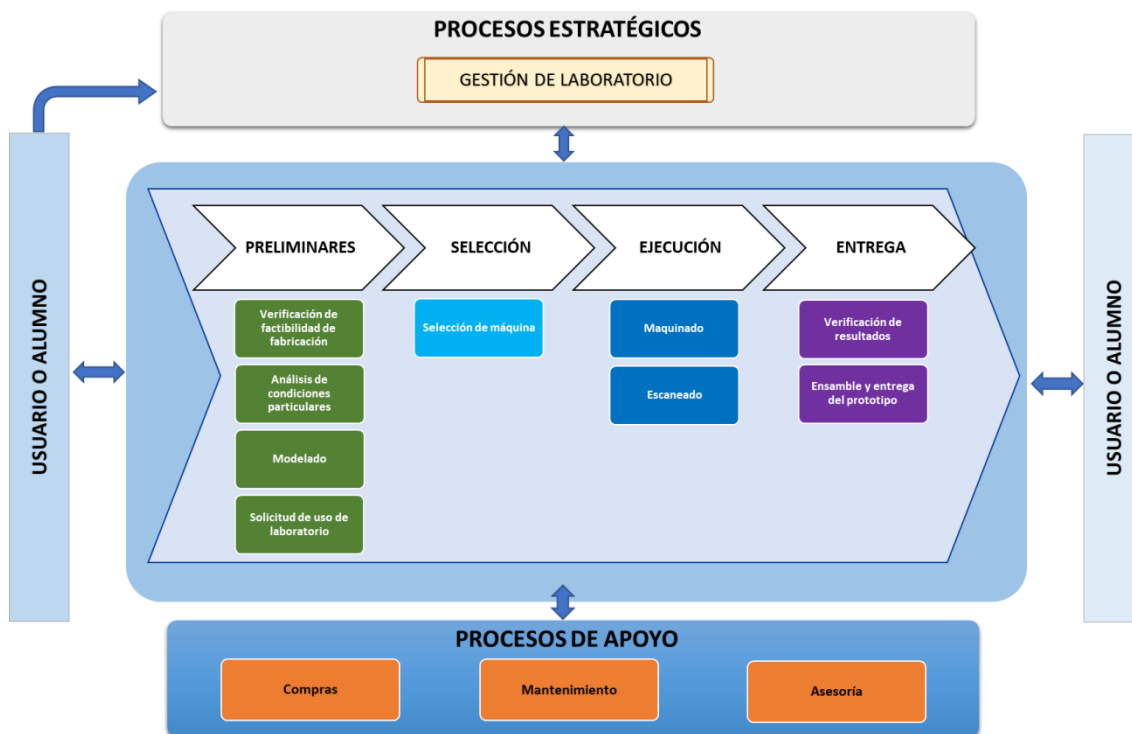


Figura 42. Propuesta de Mapa de Procesos

4.2.3. Propuesta de Inventario de Procesos

Tabla 24.

Inventario de Procesos – Propuesta

INVENTARIO DE PROCESOS		
PROCESOS	SUBPROCESOS	ACTIVIDADES
MACRO PROCESOS ESTRATÉGICOS		
Gestión de laboratorio	Gestión de Infraestructura	Equipos, obra civil, insumos, compras, mantenimiento.
	Gestión Académica	Horarios, docentes, aulas, recursos humanos, syllabus, acreditaciones
MACRO PROCESOS AGREGADORES DE VALOR		
Preliminares	Verificación de factibilidad de fabricación	Recepción de idea, análisis dimensional y geométrico, prototipo simple o compuesto.

Preliminares	Análisis de condiciones particulares	Analizar condición particular, aceptar o rechazar diseño.
	Modelado	Diseño 3D asistido por computadora, boceto primario, croquizado, operaciones 3D, aprobación de diseño.
	Solicitud de uso de laboratorio	Elaborar solicitud de uso de laboratorio, revisión de plan de trabajo, autorizar ingreso a laboratorio.
Selección	Selección de máquina	Seleccionar escáner, seleccionar torno CNC, seleccionar impresora 3D, seleccionar fresadora CNC.
Ejecución	Maquinado	Verificar restricciones, inicio de maquinado, Tornear, fresar, imprimir en 3D
	Escaneado	Verificar restricciones, configurar escaneo, escanear
Entrega	Verificación de resultados	Análisis de resultados, verificar dimensiones, verificar acabado superficial
	Ensamble y entrega del prototipo	Reunir elementos individuales, analizar geometría, analizar elementos de sujeción, ensamblar, entrega de prototipo.
MACROPROCESOS DE APOYO		
Compras	Adquisición de materiales, herramientas o consumibles	Realizar inventario, solicitar compra, recibir materiales, almacenar
Mantenimiento	Control de mantenimiento de maquinas	Coordinar mantenimiento preventivo, coordinar mantenimiento correctivo
Asesoría	Asesoría	Atender solicitud de asesoría,

estudiar plan de trabajo,
ejecutar asesoría

4.2.4. Descripción de Propuesta

Como se mencionó anteriormente, se realizó un replanteo de los macroprocesos agregadores de valor, aumentando a cuatro. Además, se aumentó un macroproceso de apoyo como se muestra en el siguiente diagrama:

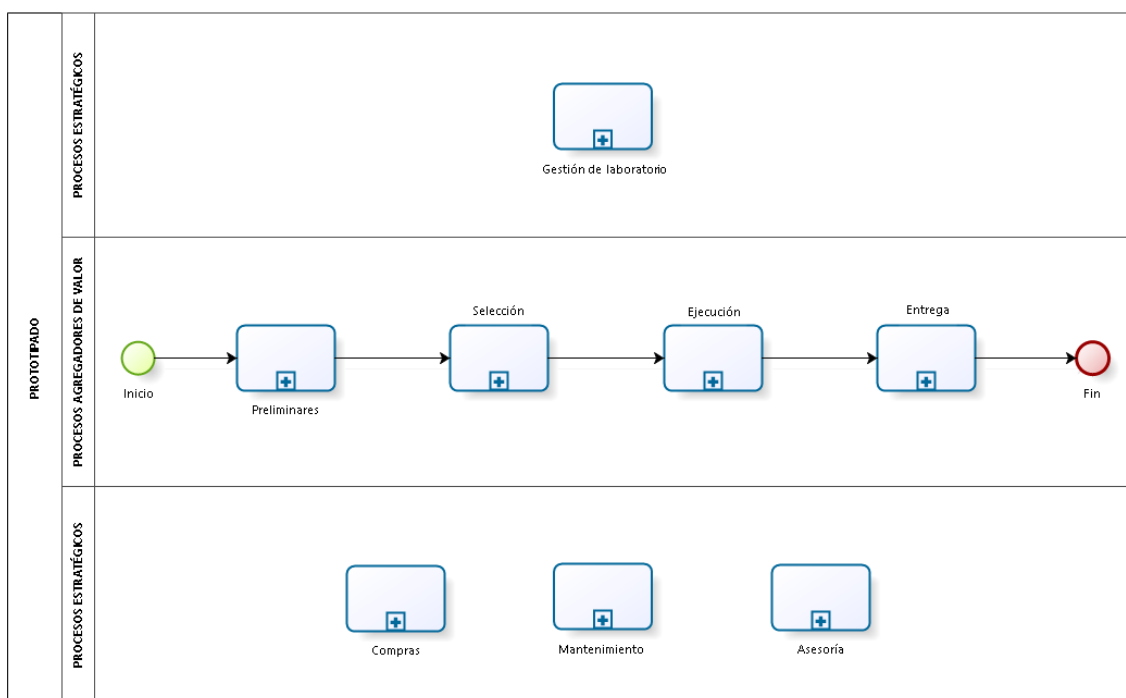


Figura 43. Interrelación de Procesos

Este diagrama de flujo servirá como base para exponer las propuestas de mejora para el área de prototipado del laboratorio de la institución educativa.

4.2.4.1. Macroprocesos Estratégicos

Gestión de Laboratorio

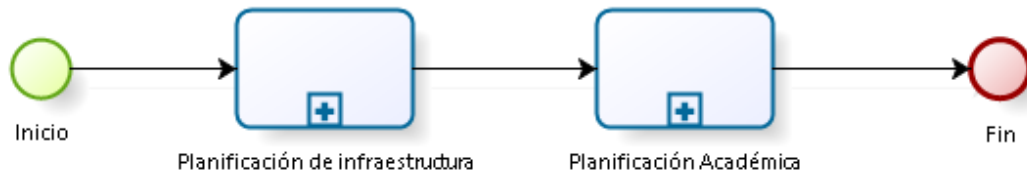


Figura 44. Diagrama de flujo Macroproceso Estratégico Gestión de Laboratorio

Planificación de Infraestructura

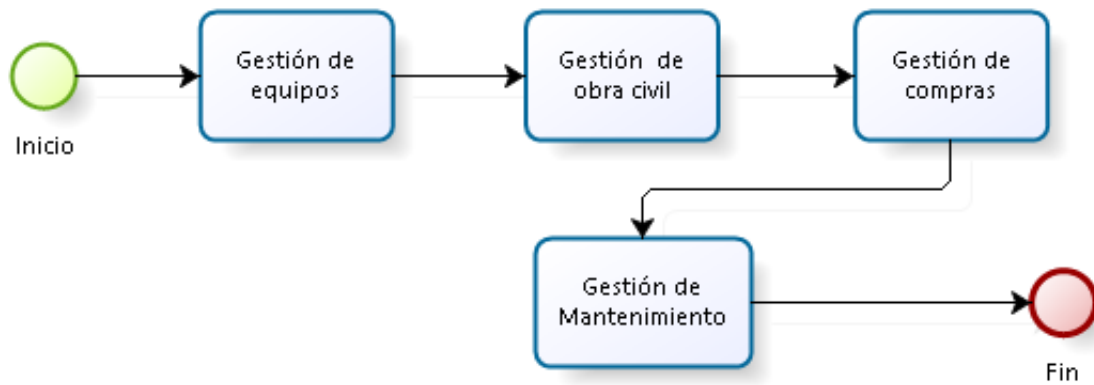


Figura 45. Diagrama de flujo Proceso planificación de infraestructura

Tabla 25.

Índice de Valor Agregado - Propuesta de Planificación de Infraestructura

PROCESOS ESTRATÉGICOS					
GESTIÓN DE LABORATORIO		SUBPROCESO: Planificación de la Infraestructura			
N°	VA		NVA	ACTIVIDADES	TIEMPO
	VAC	VAE			
1		X		Gestión de Equipos	1440 min
2		X		Gestión de Obra civil	1440 min
3			X	Gestión de compras	480 min
4			X	Gestión de mantenimiento	240 min
TOTAL					3600 min
ÍNDICE DE VALOR AGREGADO					
ACTIVIDAD	TIEMPO	PORCENTAJE			
Valor agregado al cliente	0 min	0%			
Valor agregado a la empresa	2880 min	80%			
No agrega valor	720 min	20%			
TOTAL	3600 min	100%			
VAC+VAE	2880 min	80%			
ÍNDICE		0.80			

Planificación Académica

Tabla 26.

Índice de Valor Agregado - Propuesta de Planificación Académica

PROCESOS ESTRATÉGICOS					
GESTIÓN DE LABORATORIO		SUBPROCESO: Planificación Académica			
N°	VA		NVA	ACTIVIDADES	TIEMPO
	VAC	VAE			

1	X	Asignación de horarios	960 min
2	X	Asignación de docentes	960 min
3	X	Asignación de aulas	960 min
4	X	Mapeo de Syllabus	1440 min
5	X	Gestión de Recursos Humanos	480 min
TOTAL			4800 min

ÍNDICE DE VALOR AGREGADO

ACTIVIDAD	TIEMPO	PORCENTAJE
Valor agregado al cliente	0 min	0%
Valor agregado a la empresa	4320 min	90%
No agrega valor	480 min	10%
TOTAL	4800 min	100%
VAC+VAE	4320 min	90%
ÍNDICE		0.90

4.2.4.2. Macroprocesos Agregadores de Valor

Preliminares

El macroproceso Preliminares pretende abarcar todos los procesos y subprocesos previos al maquinado.

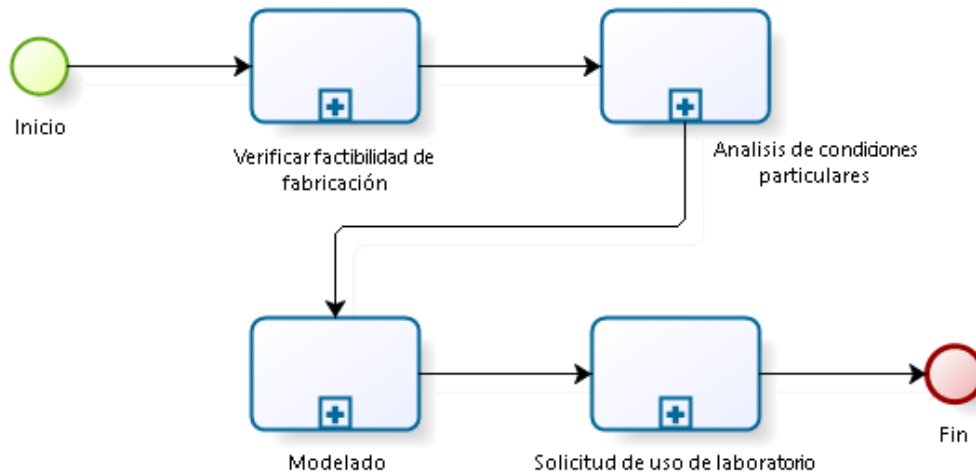


Figura 46. Diagrama de flujo – Propuesta de Macroproceso de Preliminares

Verificación de Factibilidad de Fabricación

Este proceso, como su nombre lo dice, analiza la posibilidad de elaboración de un prototipo. Este análisis se lo hace tomado en cuenta las dimensiones y geometría del prototipo versus las restricciones de las maquinas del laboratorio. Adicionalmente este proceso brinda la posibilidad de escoger entre la realización de un prototipo simple (una sola pieza) o un prototipo compuesto (dos o más piezas).

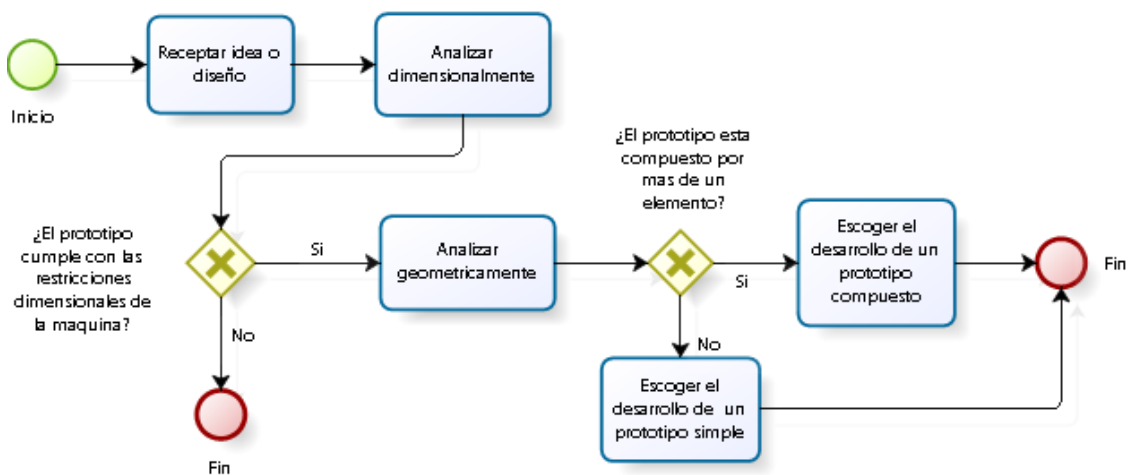


Figura 47. Diagrama de flujo – Proceso de verificación de factibilidad de fabricación

Tabla 27.

Índice de Valor Agregado - Verificar factibilidad de fabricación

PROCESOS AGREGADORES DE VALOR					
PRELIMINARES		SUBPROCESO: Verificar factibilidad de fabricación			
N°	VA		NVA	ACTIVIDADES	TIEMPO
	VAC	VAE			
1			X	Receptar idea o diseño	10 min
2	X			Analizar dimensionalmente	15 min
3	X			Analizar geoméricamente	15 min
4		X		Escoger prototipo simple	5 min
5		X		Escoger prototipo compuesto	5 min
TOTAL					50 min
ÍNDICE DE VALOR AGREGADO					
ACTIVIDAD	TIEMPO	PORCENTAJE			
Valor agregado al cliente	30 min	60%			
Valor agregado a la empresa	10 min	20%			
No agrega valor	10 min	20%			
TOTAL	50 min	100%			
VAC+VAE	40 min	80%			
ÍNDICE		0.80			

Análisis de Condiciones Particulares

En algunas ocasiones existen condiciones particulares requeridas por un diseño, tales como material, geometría específica, o que el prototipo sea parte de un ensamble. Por esta razón es necesario diferenciar este proceso, con el objetivo de realizar un análisis minucioso antes de empezar con el maquinado.

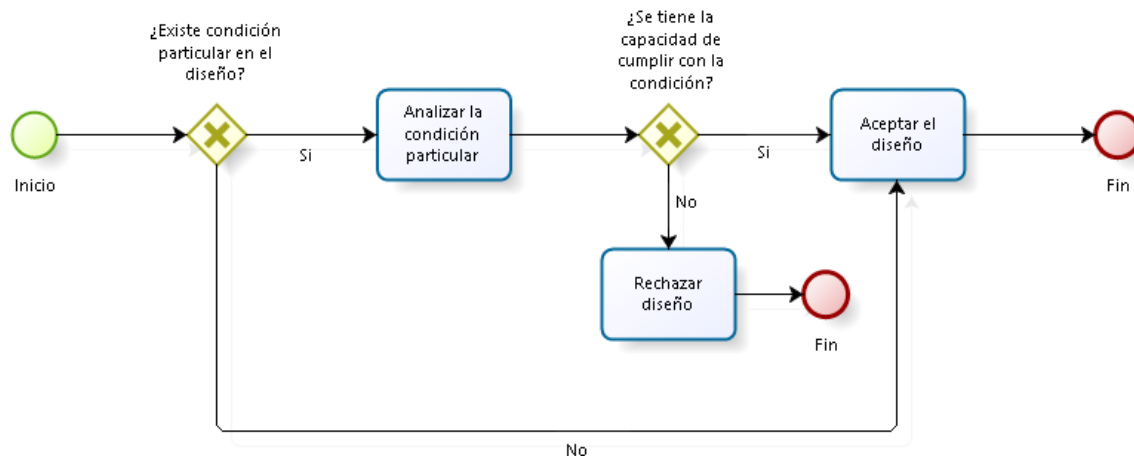


Figura 48. Diagrama de flujo – Proceso de análisis de condiciones particulares

A continuación, se realizará el cálculo del índice de valor agregado:

Tabla 28.

Índice de Valor Agregado - Análisis de condiciones Particulares

PROCESOS AGREGADORES DE VALOR					
PRELIMINARES		SUBPROCESO: Análisis de condiciones particulares			
N°	VA		NVA	ACTIVIDADES	TIEMPO
	VAC	VAE			
1			X	¿Existe condición particular?	5 min
2		X		Analizar condición particular	10 min
3		X		Aceptar diseño	5 min
4		X		Rechazar Diseño	5 min
TOTAL					25 min
ÍNDICE DE VALOR AGREGADO					
ACTIVIDAD		TIEMPO	PORCENTAJE		
Valor agregado al cliente		0 min	0%		
Valor agregado a la		20 min	80%		

empresa		
No agrega valor	5 min	20%
TOTAL	25 min	100%
VAC+VAE	20 min	80%
ÍNDICE	0.80	

Modelado

El proceso de modelado no es nuevo, se lo ha considerado en el levantamiento de procesos de la situación actual. Sin embargo, se consideraba como un proceso que el estudiante previamente debe tener desarrollado antes de ingresar al laboratorio. La propuesta radica en brindar una asesoría activa en el caso que el estudiante o usuario no posea los conocimientos debidos en esta área.

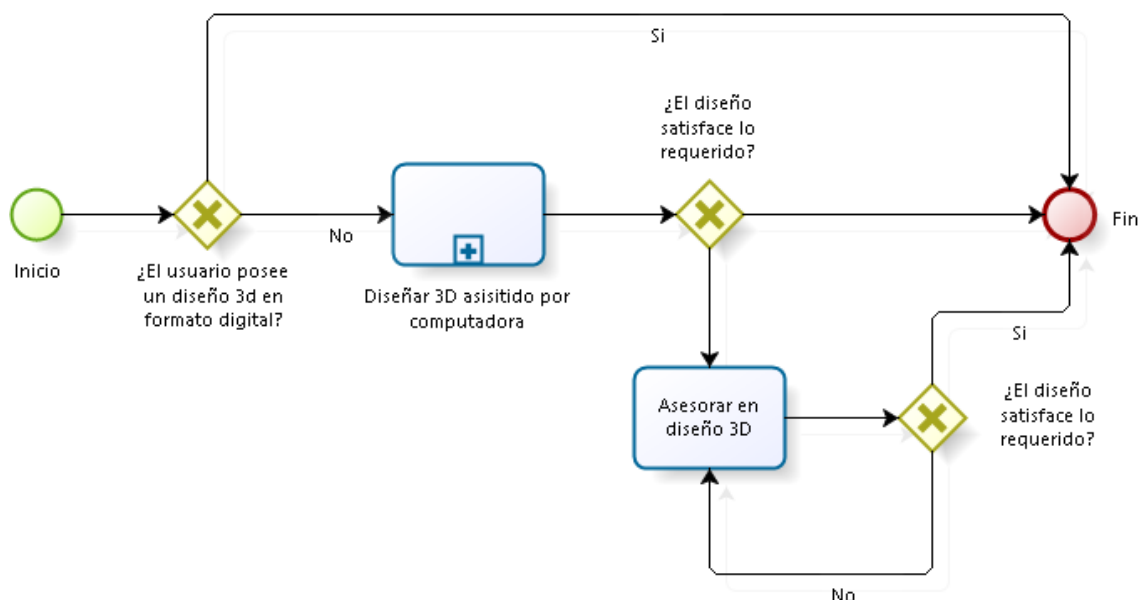


Figura 49. Diagrama de flujo – Proceso de Modelado

Diseño 3D Asistido Por Computadora

Este subproceso es similar al usado en la situación actual, no se vio necesario aplicar cambios, ya que es bastante consistente en sus actividades.

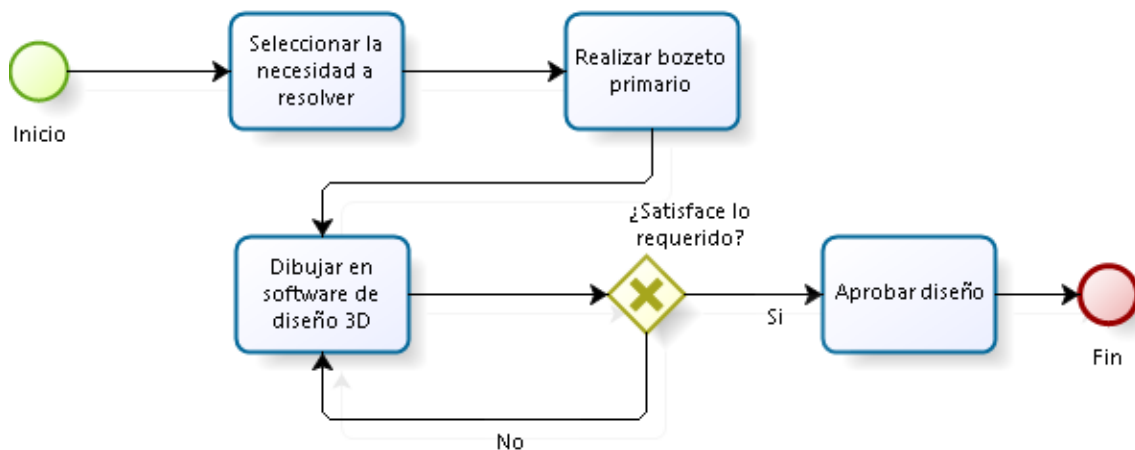


Figura 50. Diagrama de flujo – Subproceso de Diseño 3D asistido por computadora

A continuación, se realizará el cálculo del índice de valor agregado:

Tabla 29.

Índice de Valor Agregado – Modelado

PROCESOS AGREGADORES DE VALOR				
PRELIMINARES		SUBPROCESO: Modelado		
N°	VA		ACTIVIDADES	TIEMPO
	VAC	VAE		
1			X	Seleccionar necesidad a resolver 60 min
2	X			Realizar boceto primario 15 min

3	X	Dibujar en software 3D	240 min
4	X	Aprobar diseño	15 min
TOTAL			330 min
ÍNDICE DE VALOR AGREGADO			
	ACTIVIDAD	TIEMPO	PORCENTAJE
	Valor agregado al cliente	255 min	77.27%
	Valor agregado a la empresa	15 min	4.55%
	No agrega valor	60 min	18.18%
	TOTAL	330 min	100%
	VAC+VAE	270 min	81.81%
	ÍNDICE		0.81

Solicitud de Uso de Laboratorio

En la situación actual, este proceso fue considerado como macroproceso. La propuesta radica en degradarlo a proceso, y que forme parte de un macroproceso aún más grande. Tiene una importancia destacable, ya que este proceso ocupa tiempo considerable y se puede tornar un poco burocrático.

El flujo de proceso actual se mantiene, ya que es necesario que la dirección de la Institución haga un seguimiento a las actividades que se realizan en el laboratorio y a su vez tener la potestad de autorizar o denegar el uso a estudiantes o usuarios.

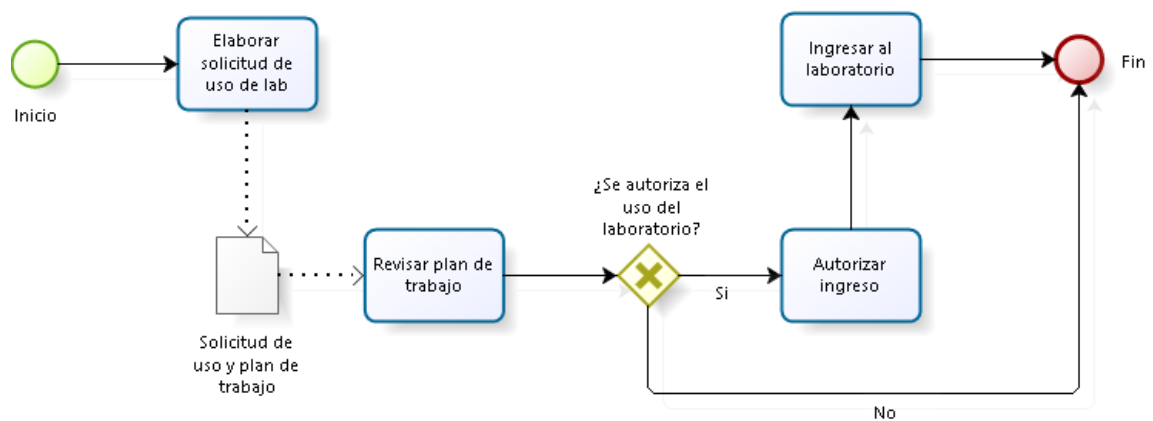


Figura 51. Diagrama de flujo – Proceso de solicitud de uso de laboratorio

A continuación, se realizará el cálculo del índice de valor agregado:

Tabla 30.

Índice de Valor Agregado - Solicitud de uso de laboratorio

PROCESOS AGREGADORES DE VALOR					
PRELIMINARES		SUBPROCESO: Solicitud de uso de laboratorio			
N°	VA		NVA	ACTIVIDADES	TIEMPO
	VAC	VAE			
1			X	Elaborar solicitud de uso de laboratorio	10 min
2		X		Revisar plan de trabajo	20 min
3		X		Autorizar ingreso	5 min
4		X		Denegar ingreso	5 min
5	X			Ingresar al laboratorio	5 min
TOTAL					45 min
ÍNDICE DE VALOR AGREGADO					
ACTIVIDAD		TIEMPO	PORCENTAJE		
Valor agregado al cliente		5 min	11.11%		
Valor agregado a la empresa		30 min	66.66%		

No agrega valor	10 min	22.23%
TOTAL	45 min	100%
VAC+VAE	35 min	77.77%
ÍNDICE	0.77	

Selección de Máquina

La selección de la máquina es un macroproceso fundamental en el área de prototipado, ya que de esto depende que se aproveche mejor el tiempo y herramientas del laboratorio. En la situación actual, la selección de máquina es un proceso que se encuentra implícito en medio del proceso de prototipado, sin embargo, el enfoque resulta un poco pobre. En la mayoría de los casos observados, el estudiante no tiene el conocimiento suficiente para saber que máquina es la que se debe usar, dependiendo del tipo de prototipo que se quiera realizar. La propuesta para este proceso radica en la selección basada en características específicas que va a tener el prototipo. Esta acción debe ser realizada antes de empezar cualquier labor en el laboratorio.

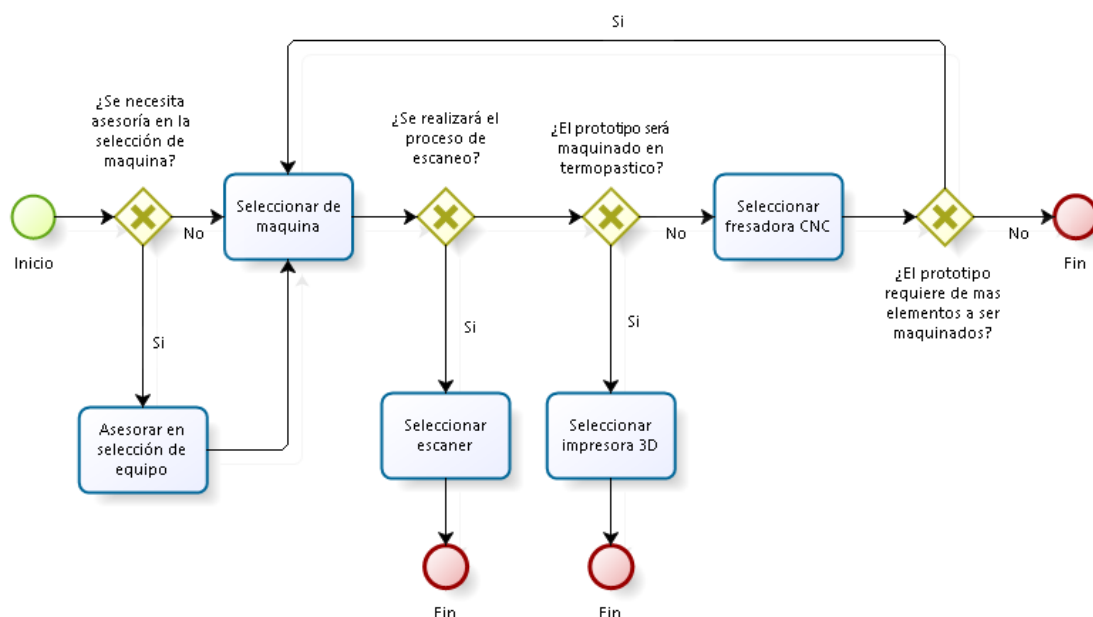


Figura 52. Diagrama de flujo – Macroproceso de Selección de Máquinas

A continuación, se realizará el cálculo del índice de valor agregado:

Tabla 31.

Índice de Valor Agregado - Selección de Máquina

PROCESOS AGREGADORES DE VALOR					
SELECCIÓN		SUBPROCESO: Selección de máquina			
N°	VA		NVA	ACTIVIDADES	TIEMPO
	VAC	VAE			
1			X	Asesorar en la selección de maquina	5 min
2		X		Selección de escáner	5 min
3		X		Selección de torno CNC	5 min
4		X		Selección de impresora 3D	5 min
5		X		Selección de fresadora CNC	5 min
TOTAL					25 min
ÍNDICE DE VALOR AGREGADO					
ACTIVIDAD	TIEMPO	PORCENTAJE			
Valor agregado al cliente	0 min	0%			
Valor agregado a la empresa	20 min	80%			
No agrega valor	5 min	20%			
TOTAL	30 min	100%			
VAC+VAE	20 min	80%			
ÍNDICE		0.80			

Ejecución

Este macroproceso incluye los dos grandes procesos operativos que tiene el laboratorio: Escanear y Maquinar.

Estos procesos son el corazón del laboratorio de prototipado, ya que en esta fase el prototipado toma forma.

Se debe mencionar que la propuesta que se maneja con este macroproceso es la capacidad de elegir qué proceso se va a seguir.

La asesoría es una actividad de apoyo que estará incluida en casi todos los procesos, ya que en muchos casos el estudiante no tiene los suficientes conocimientos para enfrentarse a problemas que incluso pueden ser sencillos de resolver.

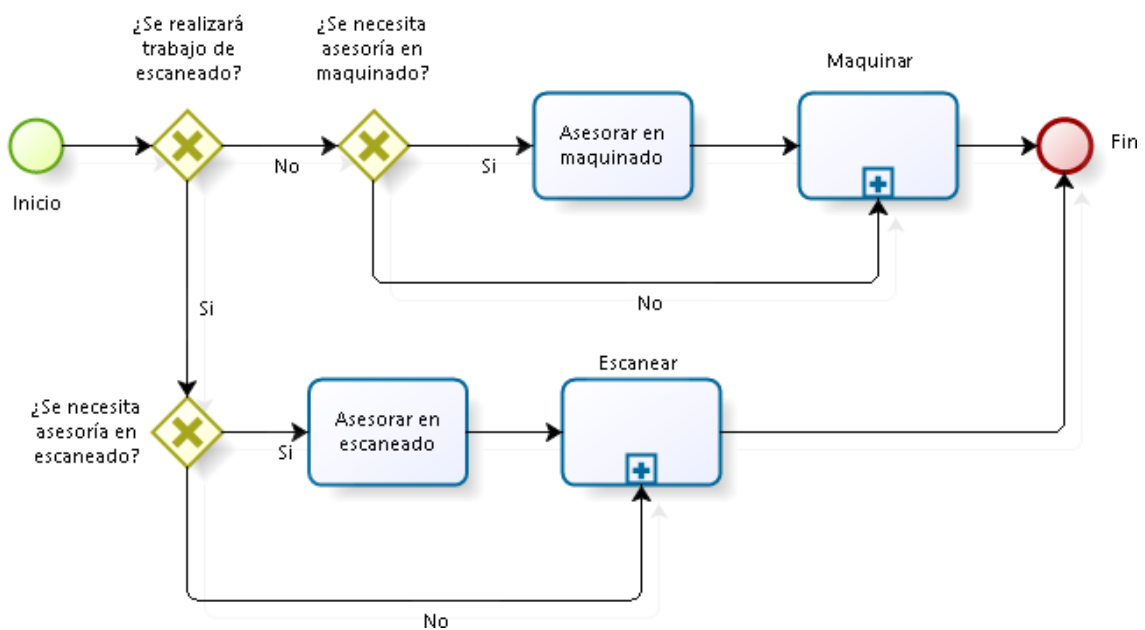


Figura 53. Diagrama de flujo – Macroproceso de Ejecución

Escanear

El proceso de escaneado describe las actividades que se realizarán en el escáner 3D.

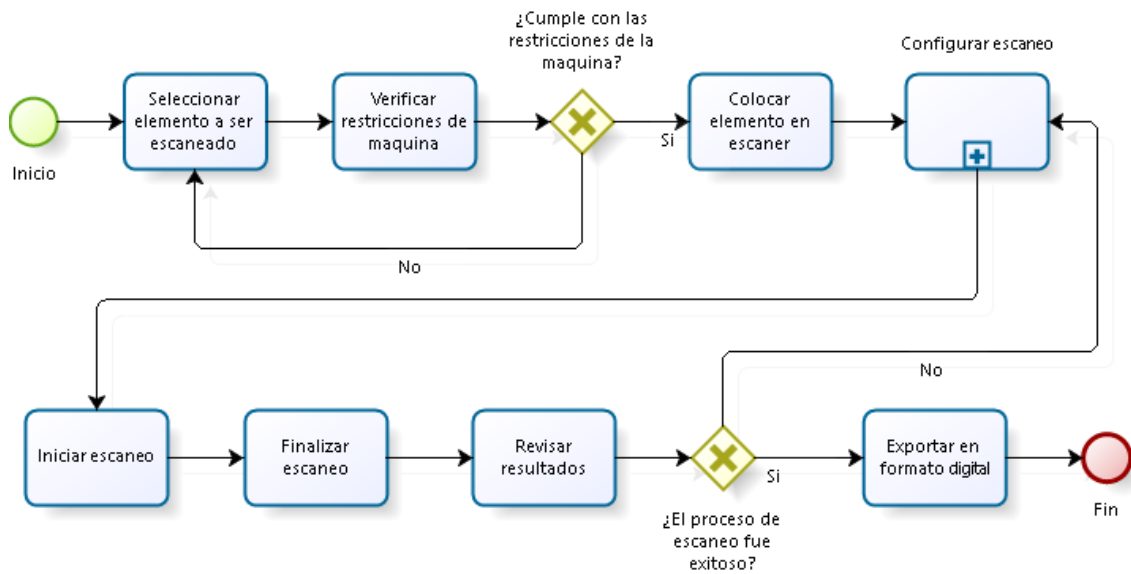


Figura 54. Diagrama de flujo – Proceso de Escaneo

Es importante que se preste mucha atención las actividades de configuración en las maquinas, ya que de esto depende que el trabajo este bien hecho. Se elaborará un manual de manejo del area de prototipado adjunto a este trabajo de titulación.

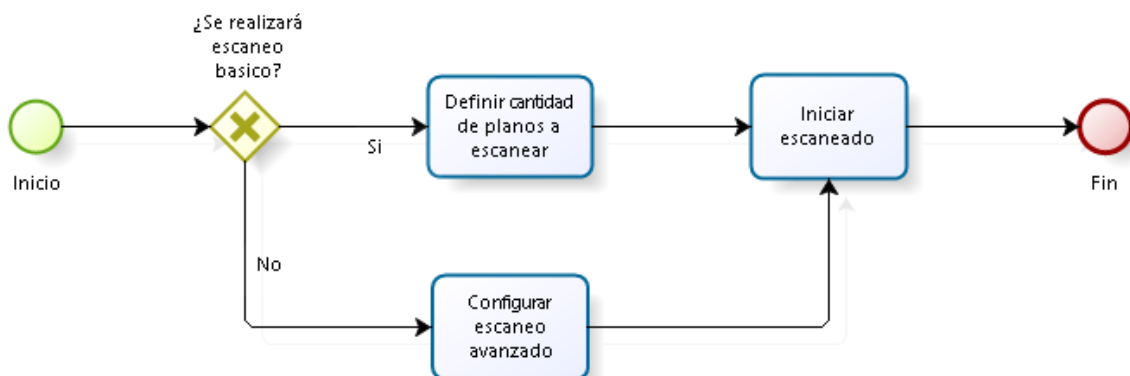


Figura 55. Diagrama de flujo – Subproceso de configuración de escaneo

A continuación, se realizará el cálculo del índice de valor agregado:

Tabla 32.

Índice de Valor Agregado – Escaneado

PROCESOS AGREGADORES DE VALOR					
EJECUCIÓN		SUBPROCESO: Escaneado			
N°	VA		NVA	ACTIVIDADES	TIEMPO
	VAC	VAE			
1			X	Seleccionar objeto a escanear	10 min
2		X		Verificar restricciones	15 min
3			X	Colocar elemento en maquina	2 min
4	X			Configurar escaneo	10 min
5	X			Iniciar escaneo	180 min
6	X			Finalizar escaneo	5 min
7	X			Revisar resultados	10 min
8	X			Exportar en formato digital	5 min
TOTAL					237 min
ÍNDICE DE VALOR AGREGADO					
ACTIVIDAD	TIEMPO	PORCENTAJE			
Valor agregado al cliente	210 min	88.60%			
Valor agregado a la empresa	15 min	6.33%			
No agrega valor	12 min	5.07%			
TOTAL	237 min	100%			
VAC+VAE	225 mi	94.93%			
ÍNDICE		0.95			

Maquinado

Es el segundo proceso productivo del área de prototipado, involucra el uso de las restantes 3 máquinas del laboratorio.

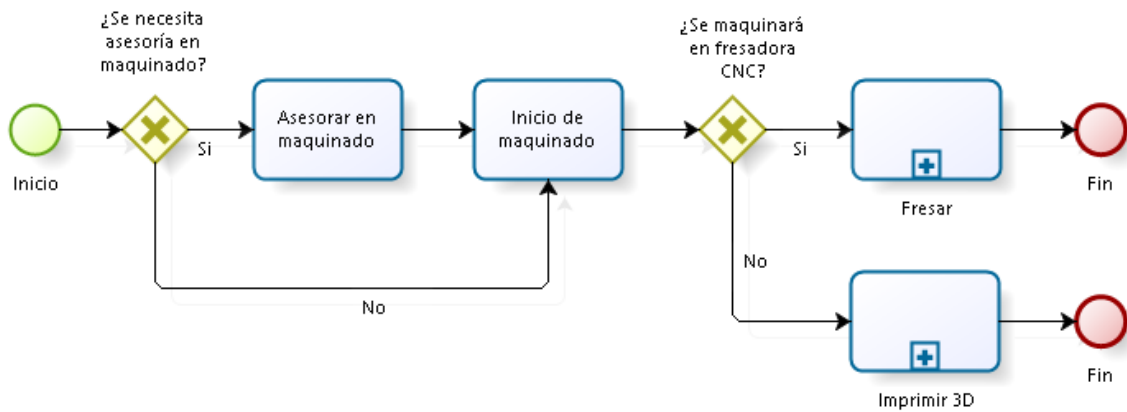


Figura 56. Diagrama de flujo – Proceso de maquinado

Tornear

Este subproceso no se tomará en cuenta debido a que no se pudo probar el funcionamiento del equipo, ya que no fue posible lograr la configuración correcta y respectiva generación del código G.

Imprimir 3D

Este subproceso recopila toda actividad referente al uso de la impresora 3D.

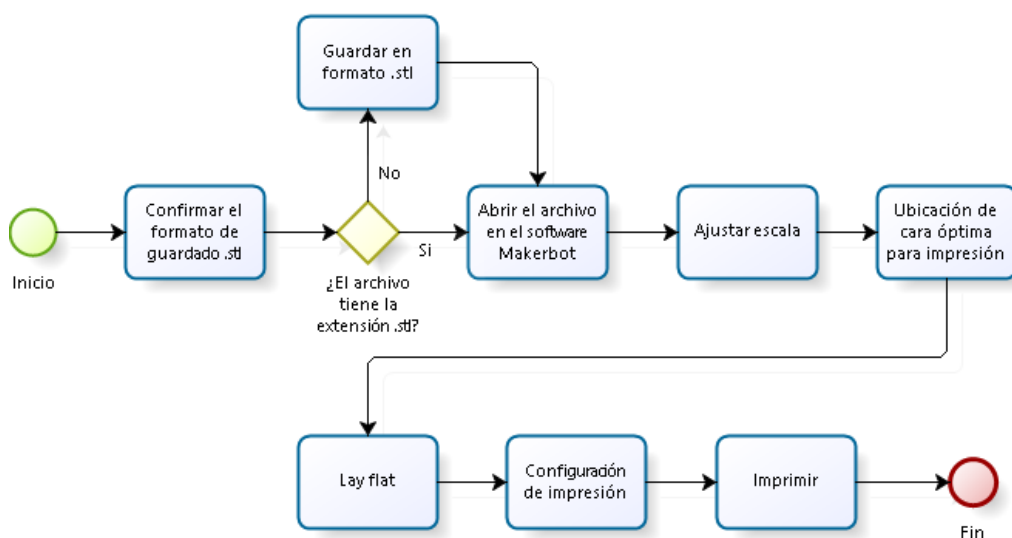


Figura 57. Diagrama de flujo – Subproceso de uso de impresora 3D

Fresar

Este subproceso recopila toda actividad referente al uso de la fresadora CNC.

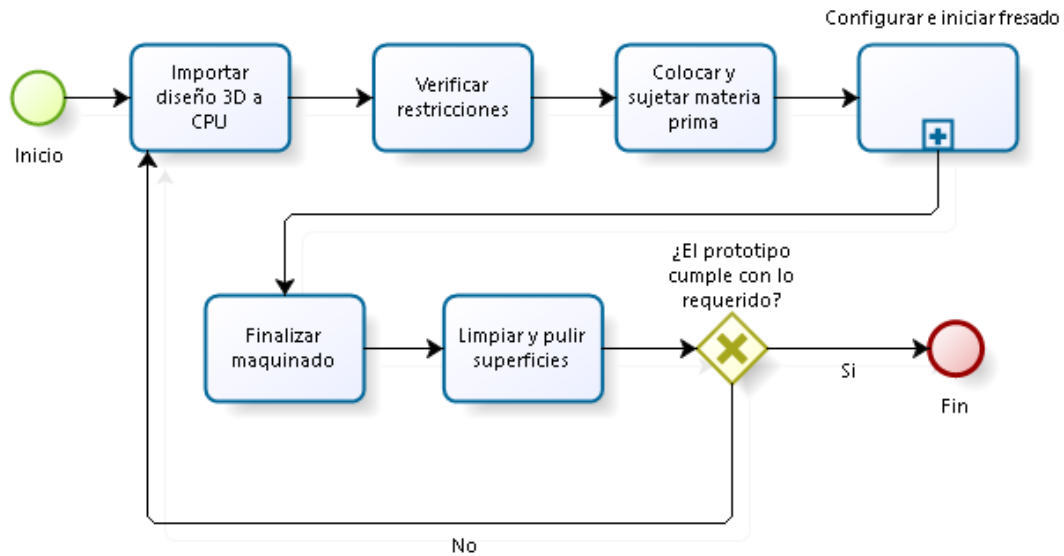


Figura 58. Diagrama de flujo – Subproceso de uso de fresadora CNC

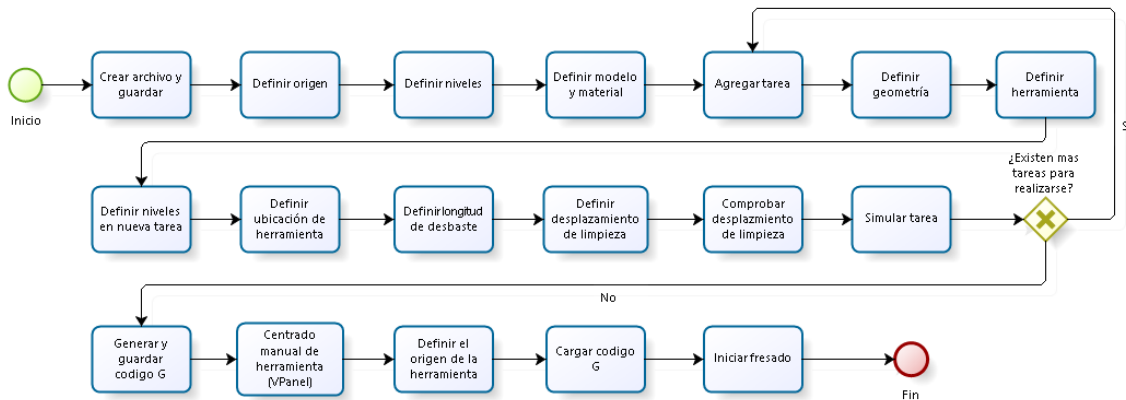


Figura 59. Diagrama de flujo – Actividad de configuración de fresado

A continuación, se realizará el cálculo del índice de valor agregado:

Tabla 33.

Índice de Valor Agregado – Maquinado

PROCESOS AGREGADORES DE VALOR				
EJECUCIÓN		SUBPROCESO: Maquinado		
N°	VA		ACTIVIDADES	TIEMPO
	VAC	VAE		
1			X Inicio de maquinado	5 min
3	X		Fresar	240 min
4	X		Imprimir	90 min
TOTAL				335 min
ÍNDICE DE VALOR AGREGADO				
ACTIVIDAD	TIEMPO	PORCENTAJE		
Valor agregado al cliente	330 min	98.51%		
Valor agregado a la empresa	0 min	0%		
No agrega valor	5 min	1.49%		
TOTAL	335 min	100%		
VAC+VAE	330 min	98.51%		
ÍNDICE		0.98		

Entrega

La entrega es el macroproceso agregador de valor final. La inclusión de este macroproceso brinda orden a la parte final del prototipado. La verificación de resultados, y el ensamble y entrega hacen parte de este macroproceso.

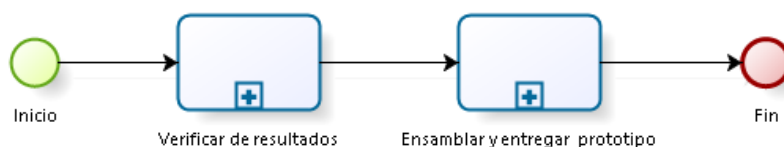


Figura 60. Diagrama de flujo – Macroproceso de entrega

Verificación de Resultados

La verificación de resultados se la realizará considerando 3 parámetros principales: Dimensiones, geometría y acabado superficial. En este proceso se puede rechazar el prototipo si no satisface lo requerido en un principio.

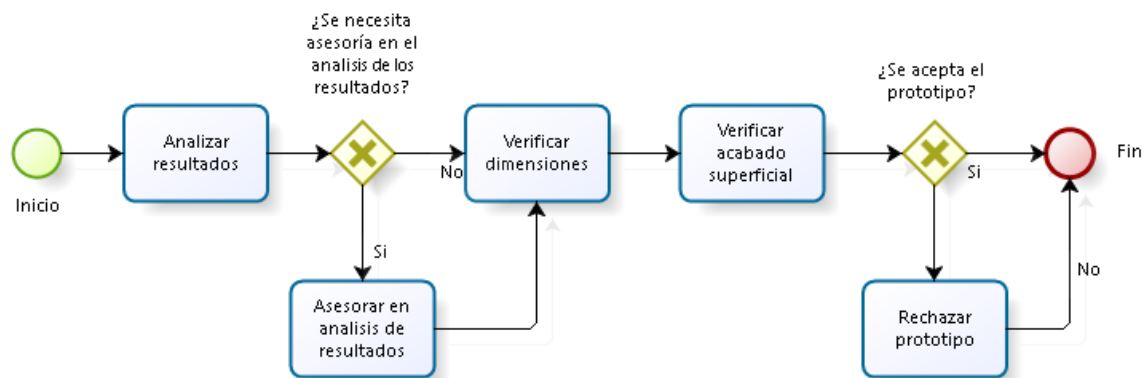


Figura 61. Diagrama de flujo – Proceso de verificación de resultados

A continuación, se realizará el cálculo del índice de valor agregado:

Tabla 34.

Índice de Valor Agregado - Verificar resultados

PROCESOS AGREGADORES DE VALOR				
ENTREGA		SUBPROCESO: Verificar resultados		
N°	VA		ACTIVIDADES	TIEMPO
	VAC	VAE		
1	X		Analizar resultados	10 min
2	X		Verificar dimensiones	10 min
3	X		Verificar acabado superficial	10 min
4			X Aprobar prototipo	3 min
5			X Rechazar prototipo	3 min

TOTAL		36 min
ÍNDICE DE VALOR AGREGADO		
ACTIVIDAD	TIEMPO	PORCENTAJE
Valor agregado al cliente	30 min	83.33%
Valor agregado a la empresa	0 min	0%
No agrega valor	6 min	16.67%
TOTAL	36 min	100%
VAC+VAE	30 min	83.33%
ÍNDICE		0.83

Ensamble y Entrega de Prototipo

Este proceso permite incluir los prototipos que tengan más de 2 piezas como un proceso debidamente definido, ya que toma en cuenta las actividades de ensamblaje que se necesitan para tener un prototipo terminado. Una vez el modelo este ensamblado se lo considerará como el fin del proceso productivo.

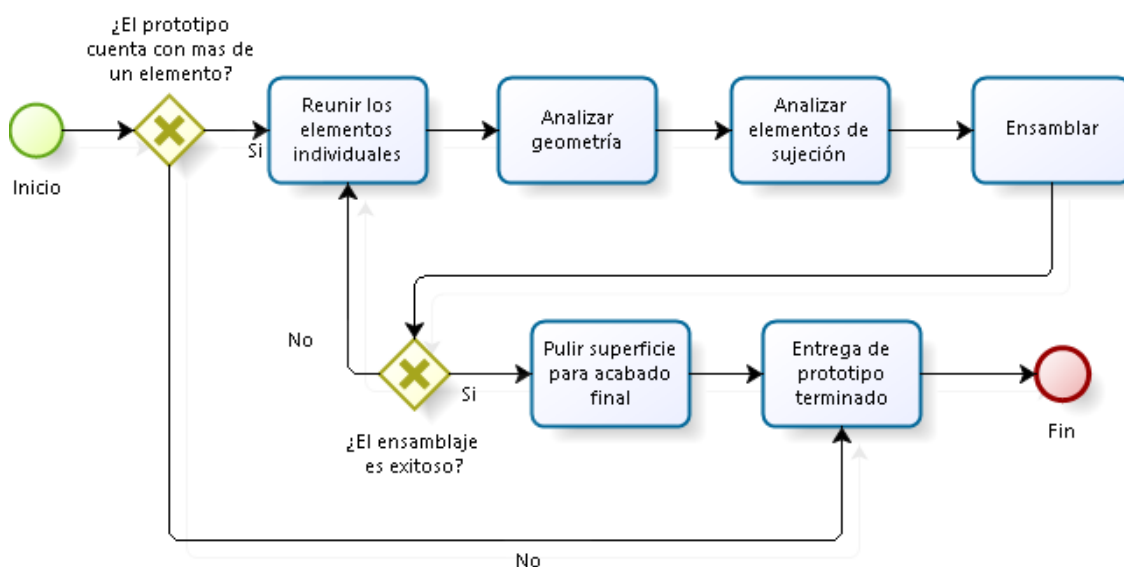


Figura 62. Diagrama de flujo – Proceso de ensamblaje y entrega de prototipo

A continuación, se realizará el cálculo del índice de valor agregado:

Tabla 35.

Índice de Valor Agregado - Ensamblar y Entregar Prototipo

PROCESOS AGREGADORES DE VALOR					
ENTREGA		SUBPROCESO: Ensamblar y entregar prototipo			
N°	VA		NVA	ACTIVIDADES	TIEMPO
	VAC	VAE			
1			X	Reunir elementos individuales	10 min
2	X			Analizar geometría	10 min
3	X			Analizar elementos de sujeción	15 min
4	X			Ensamblar	30 min
5	X			Pulir superficie para acabado final	15 min
6			X	Entrega de prototipo terminado	5 min
TOTAL					85 min
ÍNDICE DE VALOR AGREGADO					
ACTIVIDAD	TIEMPO	PORCENTAJE			
Valor agregado al cliente	70 min	82.35%			
Valor agregado a la empresa	0 min	0%			
No agrega valor	15 min	17.65%			
TOTAL	85 min	100%			
VAC+VAE	70 min	82.35%			
ÍNDICE		0.82			

4.2.4.3. Procesos de Apoyo

Compras

Este proceso de apoyo resulta indispensable para cualquier actividad realizada en el laboratorio, ya que de este depende de que haya los insumos necesarios para la realización de las prácticas, y por consiguiente de los prototipos. La propuesta con respecto a este proceso radica en hacerlo menos burocrático. La Dirección de la institución debe tener mayor autonomía en cuanto a las adquisiciones, ya que según la situación actual debe tener una autorización extra por parte del decanato. Para mejorar los tiempos de adquisición se sugiere que las compras sean realizadas y aprobadas por la Dirección de la Institución.

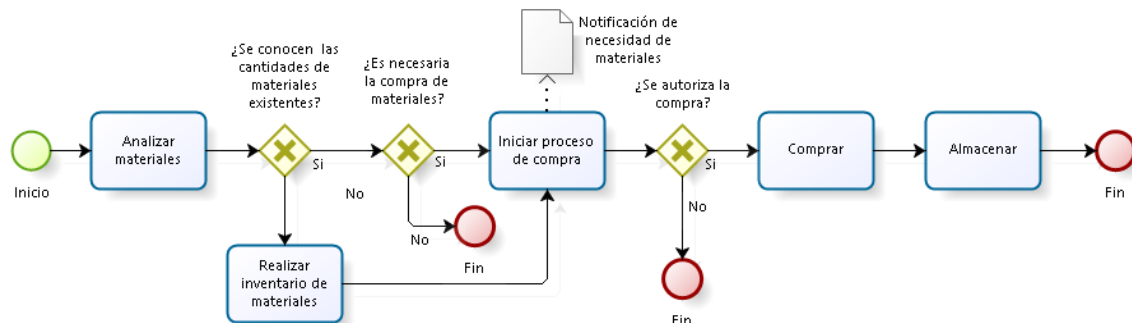


Figura 63. Diagrama de flujo – Macroproceso de compras

A continuación, se realizará el cálculo del índice de valor agregado:

Tabla 36.

Índice de Valor Agregado – Compras

PROCESOS DE APOYO					
COMPRAS		SUBPROCESO: Compras			
N°	VA		NVA	ACTIVIDADES	TIEMPO
	VAC	VAE			
1			X	Analizar materiales	15 min
2		X		Realizar inventario	60 min
3			X	Iniciar proceso de compra	15 min
4		X		Ejecutar compra	11520 min
5		X		Almacenar	480 min
TOTAL					12090 min
ÍNDICE DE VALOR AGREGADO					
ACTIVIDAD	TIEMPO	PORCENTAJE			
Valor agregado al cliente	0 min	0%			
Valor agregado a la empresa	12060 min	99.75%			
No agrega valor	30 min	0.25%			
TOTAL	12090 min	100%			
VAC+VAE	12060 min	99.75%			
ÍNDICE		0.99			

Mantenimiento

Como se pudo constatar, el laboratorio consta de un plan de mantenimiento preventivo. En el caso de las máquinas de prototipado se tiene programadas visitas por parte de un contratista externo. En el caso de los mantenimientos correctivos, de igual manera están a cargo de los contratistas externos. La dirección de la Institución cuenta con comunicación directa con los contratistas en el caso de ocurrir alguna novedad.

Se sugiere como medida de ahorro que el personal de laboratorio, tanto el jefe como el ayudante de laboratorio, se capaciten en las actividades de mantenimiento en cada una de las máquinas, con el objetivo de que las labores de mantenimiento preventivo sean realizadas por personal propio.

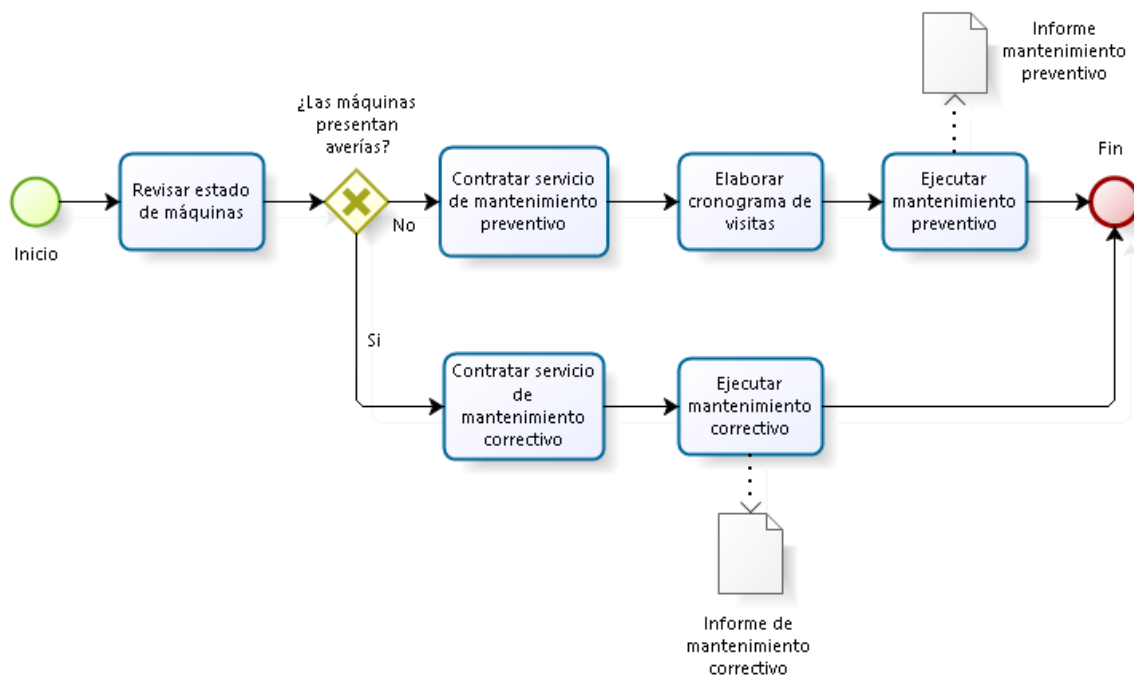


Figura 64. Diagrama de flujo – Macroproceso de mantenimiento

A continuación, se realizará el cálculo del índice de valor agregado:

Tabla 37.

Índice de Valor Agregado – Mantenimiento

PROCESOS DE APOYO				
MANTENIMIENTO		SUBPROCESO: Mantenimiento		
N°	VA		ACTIVIDADES	TIEMPO
	VAC	VAE		
1			X Revisar estado de	20 min

		maquinas	
2	X	Contratar servicio de mantenimiento	4800 min
3	X	Ejecutar mantenimiento preventivo	1920 min
4	X	Ejecutar mantenimiento correctivo	240 min
5	X	Realizar cronograma de visitas	240 min
TOTAL			7220 min

ÍNDICE DE VALOR AGREGADO

ACTIVIDAD	TIEMPO	PORCENTAJE
Valor agregado al cliente	0 min	0%
Valor agregado a la empresa	6960 min	96.39%
No agrega valor	260 min	3.61%
TOTAL	7220 min	100%
VAC+VAE	6960 min	96.39%
ÍNDICE		0.96

Asesoría

Este proceso de apoyo se añadió ya que se pudo notar la importancia de la asesoría en el desarrollo de cualquier prototipo. La asesoría debe cubrir cualquier actividad que tenga que ver con el desarrollo de un prototipo, desde el modelado hasta la verificación de resultados. Este proceso debe ser responsabilidad del jefe de laboratorio, ya que su trabajo justamente es saber cómo funciona su área de trabajo. Es importante destacar que, aunque la responsabilidad de la asesoría es del jefe de laboratorio, los docentes que dictan sus clases en el área de prototipado y el ayudante de laboratorio deben trabajar en conjunto para manejar la misma información y estar listos para cualquier inquietud por parte del usuario o estudiante. Por esta razón este proceso ha sido incluido en otros procesos anteriormente descritos.

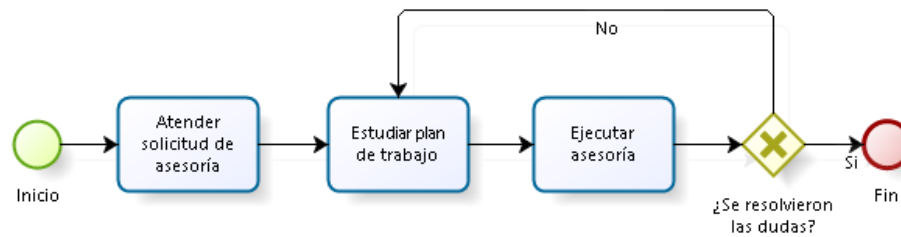


Figura 65. Diagrama de flujo – Macroproceso de asesoría

A continuación, se realizará el cálculo del índice de valor agregado:

Tabla 38.

Índice de Valor Agregado – Asesoría

PROCESOS DE APOYO					
ASESORÍA		SUBPROCESO: Asesoría			
N°	VA		NVA	ACTIVIDADES	TIEMPO
	VAC	VAE			
1	X			Atender solicitud de asesoría	5 min
2			X	Estudiar plan de trabajo	10 min
3	X			Ejecutar Asesoría	30 min
TOTAL					45 min
ÍNDICE DE VALOR AGREGADO					
ACTIVIDAD		TIEMPO	PORCENTAJE		
Valor agregado al cliente		35 min	77.78%		
Valor agregado a la empresa		0 min	0%		
No agrega valor		10 min	22.22%		
TOTAL		45 min	100%		
VAC+VAE		35 min	77.78%		
ÍNDICE		0.77			

Resumen de Índices de Eficiencia

Tabla 39.

Comparación de Índices de Valor Agregado

ANÁLISIS DE VALOR AGREGADO - COMPARACIÓN DE ÍNDICES					
SITUACIÓN ACTUAL			PROPUESTA DE MEJORA		
PROCESO	SUBPROCESO	ÍNDICE	PROCESO	SUB PROCESO	ÍNDICE
MACRO PROCESOS ESTRATÉGICOS					
Gestión de laboratorio	Planificación de infraestructura	0.80	Gestión de laboratorio	Planificación de infraestructura	0.80
	Planificación Académica	0.90		Planificación Académica	0.90
MACRO PROCESOS AGREGADORES DE VALOR					
Modelado	Identificación de la necesidad	0.96	Preliminares	Verificación de factibilidad de fabricación	0.80
	Diseño 3D asistido por computadora	0.90		Análisis de condiciones particulares	0.80
Uso de laboratorio	Solicitud de ingreso al laboratorio	0.69		Modelado	0.81
	Solicitud de uso de maquina	0.73		Solicitud de uso de laboratorio	0.77
Maquinado	Colocación de material en máquina	0.83	Selección	Selección de máquina	0.80
	Importación de diseño	0.75	Ejecución	Maquinado	
	Iniciar maquinado	0.66		Escaneado	0.94
	Finalizar Maquinado	0.66	Entrega	Verificación de resultados	0.83
	Análisis de resultados	0.77		Ensamble y entrega del prototipo	0.82
MACRO PROCESOS DE APOYO					
Compras	Adquisición de materiales, herramientas y consumibles	0.86	Compras	Adquisición de materiales, herramientas o consumibles	0.99
			Mantenimiento	Control de mantenimiento de maquinas	0.96

Mantenimiento	Control de mantenimiento de maquinas	0.79	Asesoría	Asesoría	0.77
----------------------	--------------------------------------	------	----------	----------	------

4.3. Creación de Nuevos Indicadores

Para la creación de los nuevos indicadores, se debe tener especial atención en el tratamiento responsable y confiabilidad de la información relacionada con el tema a ser estudiado.

El diseño de indicadores involucra 4 etapas:

- Identificación del objeto de medición.
- Aspecto específico por evaluarse.
- Definición de variables.
- Selección.

Adicionalmente existen criterios para la selección de indicadores, los cuales se resumen en la siguiente figura:

Criterio de selección	Pregunta a tener en cuenta	Objetivo
Pertinencia	¿El indicador expresa qué se quiere medir de forma clara y precisa?	Busca que el indicador permita describir la situación o fenómeno determinado, objeto de la acción.
Funcionalidad	¿El indicador es monitoreable?	Verifica que el indicador sea medible, operable y sensible a los cambios registrados en la situación inicial
Disponibilidad	¿La información del indicador está disponible?	Los indicadores deben ser contruidos a partir de variables sobre las cuales exista información estadística de tal manera que puedan ser consultados cuando sea necesario.
Confiabilidad	¿De donde provienen los datos?	Los datos deben ser medidos siempre bajo ciertos estándares y la información requerida debe poseer atributos de calidad estadística.
Utilidad	¿El indicador es relevante con lo que se quiere medir?	Que los resultados y análisis permitan tomar decisiones.

Figura 66. Criterios para selección de indicadores

Tomado de (DANE)

Esta tabla es una herramienta ágil para poder seleccionar correctamente un indicador. Si las respuestas a las preguntas son positivas, el indicador será el adecuado. Partiendo de la premisa de que todos los procesos deben ser medidos, se analizará individualmente cada proceso, encontrando así el indicador adecuado que pueda medirlo.

Se analizarán 2 tipos de indicadores:

- Indicadores Operativos.
- Indicadores Estratégicos.

4.3.1. Indicadores Operativos

Estos indicadores medirán los procesos operacionales dentro del proceso de prototipado.

Una manera sencilla de encontrar el indicador adecuado es basándose en los factores críticos de cada proceso. La siguiente tabla enunciará dichos factores:

Tabla 40.

Factores Críticos de Procesos

FACTORES CRÍTICOS	
PROCESO	FACTOR
ESTRATÉGICOS	
Planificación de Infraestructura	Intervenciones para mejoramiento de laboratorio, compra de insumos, o intervenciones de mantenimiento.

Planificación Académica	Inconvenientes en asignaciones de horarios, docentes o aulas.
AGREGADORES DE VALOR	
Verificación de factibilidad de fabricación	Las dimensiones y geometría de la idea propuesta pueden ser no aptas para maquinar en el laboratorio
Análisis de condiciones particulares	Existencia o no de condición particular
Modelado	Disponibilidad o no de un diseño 3D
Solicitud de uso de laboratorio	Autorización de uso de laboratorio
Selección de máquina	Selección correcta de maquina
Maquinado	Asesoría en maquinado
Escaneado	Asesoría en escaneado
Verificación de resultados	Resultados incorrectos
Ensamble y entrega del prototipo	Necesidad o no de ensamblaje
APOYO	
Adquisición de materiales, herramientas o consumibles	Proceso de compra
Control de mantenimiento de maquinas	Maquinas averiadas
Asesoría	Efectividad de la asesoría

Planificación de Infraestructura

El factor crítico para tener en cuenta en este proceso tiene que ver con la cantidad de intervenciones que se realicen en el laboratorio. Las intervenciones pueden ser inclusión de nuevos equipos, mejoras físicas a laboratorio, adquisición de insumos o mantenimiento de equipos.

Un indicador que pueda medir esto debe ser uno de tipo conteo numérico, ya que las intervenciones no tienen cronograma establecido, sin embargo, es importante conocer el número.

Tabla 41.

Indicador de Cantidad de Intervenciones

FICHA DE INDICADOR	
NOMBRE DE INDICADOR:	Cantidad de intervenciones
DESCRIPCIÓN:	Es el número de intervenciones que se realizan en el laboratorio en un tiempo determinado
TIPO DE COMPORTAMIENTO:	Discreto
LÍNEA BASE:	Informe de Dirección
UNIDAD DE MEDIDA:	Conteo numérico
FUENTE:	Dirección
MÉTODO DE CÁLCULO:	Número de intervenciones
JERARQUÍA DEL INDICADOR:	Resultado
FRECUENCIA DE ACTUALIZACIÓN:	Semestral
INDICADOR FRACCIONAL:	Si
RESPONSABLE:	Coordinador de laboratorio
EVIDENCIABLE:	Informe semestral
METAS:	≤ 3

Planificación Académica

Este proceso tiene como factor crítico la existencia de inconvenientes en la asignación de docentes, horarios o aulas.

Para medir esta cantidad de inconvenientes es necesario implantar un indicador de conteo numérico, el cual indique la cantidad de estos eventos negativos durante las asignaciones, las mismas que se hacen una vez al

semestre. El tiempo referencial en el cual se harán las mediciones es semestral.

Tabla 42.

Indicador de Inconvenientes en Asignaciones

FICHA DE INDICADOR	
NOMBRE DE INDICADOR:	Inconvenientes en asignaciones
DESCRIPCIÓN:	Es el número de inconvenientes en asignaciones de docentes, horarios o aulas en un tiempo determinado
TIPO DE COMPORTAMIENTO:	Discreto
LÍNEA BASE:	Informe de Dirección
UNIDAD DE MEDIDA:	Conteo numérico
FUENTE:	Dirección
MÉTODO DE CÁLCULO:	Número de inconvenientes en asignaciones
JERARQUÍA DEL INDICADOR:	Resultado
FRECUENCIA DE ACTUALIZACIÓN:	Semestral
INDICADOR FRACCIONAL:	Si
RESPONSABLE:	Coordinador de laboratorio
EVIDENCIABLE:	Informe Semestral
METAS:	0

Verificación de Factibilidad de Fabricación

El factor crítico en este proceso habla de la posibilidad de que una idea de prototipo no sea apta para maquinar en el laboratorio, quiere decir que existen las posibilidades que no cumpla las restricciones planteadas por el laboratorio.

Un indicador adecuado para este caso es la relación existente entre los prototipos aptos y no aptos, con esto se puede tener un porcentaje de ideas de prototipo que efectivamente van a ser exitosas.

Tabla 43.

Indicador de Cumplimiento de Restricciones de Ideas de Prototipo

FICHA DE INDICADOR	
NOMBRE DE INDICADOR:	Cumplimiento de restricciones de ideas de prototipo
DESCRIPCIÓN:	Es el porcentaje de aceptabilidad de ideas de prototipo
TIPO DE COMPORTAMIENTO:	Discreto
LÍNEA BASE:	Idea de Prototipo
UNIDAD DE MEDIDA:	Porcentaje
FUENTE:	Docente / Estudiante
MÉTODO DE CÁLCULO:	$(\text{Número de ideas de prototipo que cumplen restricciones de Máquinas} / \text{Número total de ideas de prototipo}) \times 100$
JERARQUÍA DEL INDICADOR:	Resultado
FRECUENCIA DE ACTUALIZACIÓN:	Mensual
INDICADOR FRACCIONAL:	Si
RESPONSABLE:	Coordinador de laboratorio
EVIDENCIABLE:	Informe de ideas de prototipo

METAS:	≥80%
---------------	------

Análisis de Condiciones Particulares

Tal y como el nombre del proceso lo dice, el factor crítico es justamente la condición particular. Existen algunos casos que es necesario cumplir con una condición particular para la elaboración del prototipo, esto es causa de rechazo, aunque las restricciones dimensionales y geométricas sean superadas. Por esta razón medir la cantidad de condiciones particulares superadas en función de las no superadas es la idea del indicador para este proceso.

Tabla 44.

Indicador de Superación de Condición Particular

FICHA DE INDICADOR	
NOMBRE DE INDICADOR:	Superación de condición particular
DESCRIPCIÓN:	Es el porcentaje de éxito en superar la condición particular
TIPO DE COMPORTAMIENTO:	Discreto
LÍNEA BASE:	Condición Particular
UNIDAD DE MEDIDA:	Porcentaje
FUENTE:	Coordinador de Laboratorio / Estudiante
MÉTODO DE CÁLCULO:	$(\text{Número de condiciones particulares superadas} / \text{Número total de condiciones particulares}) \times 100$
JERARQUÍA DEL INDICADOR:	Resultado
FRECUENCIA DE ACTUALIZACIÓN:	Semestral
INDICADOR	Si

FRACCIONAL:	
RESPONSABLE:	Coordinador de laboratorio
EVIDENCIABLE:	Informe semestral
METAS:	≥70%

Modelado

En este proceso el factor crítico es la tenencia o no de un modelo 3D. En muchos de los casos los estudiantes o usuarios poseen la idea de diseño, mas no el diseño digital en sí. Como alumnos de la Institución, se entiende que se domina el tema de dibujo asistido por computadora, pero esto no significa que los estudiantes sean expertos. Esta es la razón por la que se propone un indicador que mida a los estudiantes o usuarios que no tengan un diseño en formato digital en función de todos los estudiantes que efectúen sus prácticas en un periodo determinado.

Tabla 45.

Indicador de Usuarios con Diseño en Formato Digital

FICHA DE INDICADOR	
NOMBRE DE INDICADOR:	Usuarios con diseño en formato digital
DESCRIPCIÓN:	Es el porcentaje de estudiantes o usuarios que poseen un diseño en formato digital previo a la práctica
TIPO DE COMPORTAMIENTO:	Discreto
LÍNEA BASE:	N/A
UNIDAD DE MEDIDA:	Porcentaje
FUENTE:	Coordinador de Laboratorio / Estudiante
MÉTODO DE CÁLCULO:	$\frac{\text{(Número de estudiantes o usuarios con diseño 3D)}}{\text{Número total de usuarios o estudiantes}} \times 100$
JERARQUÍA DEL	Resultado

INDICADOR:	
FRECUENCIA DE ACTUALIZACIÓN:	Semestral
INDICADOR FRACCIONAL:	Si
RESPONSABLE:	Coordinador de laboratorio
EVIDENCIABLE:	Informe semestral
METAS:	≥90%

Solicitud de Uso De Laboratorio

Cuando se solicita el uso del laboratorio solo hay dos respuestas que pueden ser recibidas: Se autoriza y no se autoriza. La idea es que la Dirección de la Institución, ente encargado de autorizar el uso de laboratorio, trate de que los usuarios o estudiantes siempre tengan acceso a las prácticas. Sin embargo, factores como cruce de horarios, reuniones, uso excesivo, entre otros, hace que esto no se cumpla todo el tiempo. Un indicador que asocie las autorizaciones con la cantidad de estudiantes ayudará a conocer el estado de este proceso.

Tabla 46.

Indicador de Autorizaciones de Uso de Laboratorio

FICHA DE INDICADOR	
NOMBRE DE INDICADOR:	Autorizaciones de uso de laboratorio
DESCRIPCIÓN:	Es el porcentaje de solicitudes de uso de laboratorio aprobadas en función de la totalidad de las solicitudes recibidas en un tiempo determinado
TIPO DE COMPORTAMIENTO:	Discreto
LÍNEA BASE:	N/A

UNIDAD DE MEDIDA:	Porcentaje
FUENTE:	Coordinador de Laboratorio / Estudiante
MÉTODO DE CÁLCULO:	(Número de solicitudes aprobadas / Número total de solicitudes) x 100
JERARQUÍA DEL INDICADOR:	Resultado
FRECUENCIA DE ACTUALIZACIÓN:	Mensual
INDICADOR FRACCIONAL:	Si
RESPONSABLE:	Coordinador de laboratorio
EVIDENCIABLE:	Informe semestral
METAS:	≥90%

Selección de Máquina

En el presente proyecto de titulación se ha propuesto un sistema de selección de máquina basado en criterios de maquinados específicos. Hasta el momento el estudiante no ha tenido certeza de que tipo de máquina es la más adecuada para la elaboración del prototipo, con la propuesta se pretende dar más claridad a este proceso, sin embargo, existe posibilidades de que la selección de máquina sea incorrecta. Una manera de medir esto es a través del retrabajo usando otra máquina, básicamente es la primera consecuencia de una mala selección. Realizando un análisis de la cantidad de retrabajos en función del total de trabajos en un tiempo determinado formará el indicador adecuado para medir el éxito de la selección de máquina.

Tabla 47.

Indicador de Selección Correcta de Máquina

FICHA DE INDICADOR	
NOMBRE DE INDICADOR:	Selección correcta de máquina
DESCRIPCIÓN:	Es el porcentaje de prototipos terminados usando una sola maquina en función de la totalidad de los prototipos terminados
TIPO DE COMPORTAMIENTO:	Discreto
LÍNEA BASE:	N/A
UNIDAD DE MEDIDA:	Porcentaje
FUENTE:	Coordinador de Laboratorio / Estudiante
MÉTODO DE CÁLCULO:	$\frac{\text{(Número de prototipos terminados usando una sola maquina / Número total de prototipos terminados)} \times 100}{100}$
JERARQUÍA DEL INDICADOR:	Resultado
FRECUENCIA DE ACTUALIZACIÓN:	Mensual
INDICADOR FRACCIONAL:	Si
RESPONSABLE:	Coordinador de laboratorio
EVIDENCIABLE:	Informe semestral
METAS:	$\geq 75\%$

Maquinado

El proceso de maquinado varía en su dificultad dependiendo de la máquina que se use. El estudiante en teoría debe estar capacitado para usar cualquier máquina de prototipado, sin embargo, se sabe que esto en la práctica no es verdad. Hay factores como el poco tiempo que se tiene para interactuar con las máquinas, haciendo que queden vacíos y por consiguiente fallas a la hora de

usar las máquinas. Se propone que los usuarios o estudiantes cuenten con asesoría para el maquinado; esto hace que el tiempo de prototipado se aumente, pero se tiene mejores resultados. El factor crítico del proceso de maquinado resulta ser la cantidad de veces que se necesita asesoría, esto asociado con las prácticas que no necesitan dará como resultado el indicador para este proceso.

Tabla 48.

Indicador de Asesoría en Maquinado

FICHA DE INDICADOR	
NOMBRE DE INDICADOR:	Asesoría en Maquinado
DESCRIPCIÓN:	Es el porcentaje de asesorías en maquinado comparado con la totalidad de prácticas de maquinado en un tiempo determinado
TIPO DE COMPORTAMIENTO:	Discreto
LÍNEA BASE:	N/A
UNIDAD DE MEDIDA:	Porcentaje
FUENTE:	Coordinador de Laboratorio / Estudiante
MÉTODO DE CÁLCULO:	$(\text{Número de asesorías en maquinado} / \text{Número total de prototipos terminados}) \times 100$
JERARQUÍA DEL INDICADOR:	Resultado
FRECUENCIA DE ACTUALIZACIÓN:	Mensual
INDICADOR FRACCIONAL:	Si
RESPONSABLE:	Coordinador de laboratorio
EVIDENCIABLE:	Informe semestral
METAS:	$\geq 75\%$

Escaneado

Este proceso en este caso es similar al de maquinado, quiere decir que el indicador será muy similar.

Tabla 49.

Indicador de Asesoría en Escaneado

FICHA DE INDICADOR	
NOMBRE DE INDICADOR:	Asesoría en Escaneado
DESCRIPCIÓN:	Es el porcentaje de asesorías en escaneado comparado con la totalidad de prácticas de escaneado en un tiempo determinado
TIPO DE COMPORTAMIENTO:	Discreto
LÍNEA BASE:	N/A
UNIDAD DE MEDIDA:	Porcentaje
FUENTE:	Coordinador de Laboratorio / Estudiante
MÉTODO DE CÁLCULO:	$(\text{Número de asesorías en escaneado} / \text{Número total de escaneos}) \times 100$
JERARQUÍA DEL INDICADOR:	Resultado
FRECUENCIA DE ACTUALIZACIÓN:	Mensual
INDICADOR FRACCIONAL:	Si
RESPONSABLE:	Coordinador de laboratorio
EVIDENCIABLE:	Informe semestral
METAS:	$\geq 75\%$

Verificación de Resultados

Una vez el maquinado haya finalizado, es obligación del usuario o estudiante verificar dimensional y geoméricamente si el prototipo cumple con lo requerido en el diseño inicial. Cuando el prototipo resulta erróneo se debe desechar. Este tipo de fallas es necesario medirlas, el indicador adecuado debe analizar la cantidad de prototipos rechazados en función de la totalidad de prototipos.

Tabla 50.

Indicador de Prototipo Incorrecto

FICHA DE INDICADOR	
NOMBRE DE INDICADOR:	Prototipo incorrecto
DESCRIPCIÓN:	Es el porcentaje de prototipos con fallas dimensionales, geométricas o superficiales en función de la totalidad de prototipos maquinados en un tiempo determinado
TIPO DE COMPORTAMIENTO:	Discreto
LÍNEA BASE:	N/A
UNIDAD DE MEDIDA:	Porcentaje
FUENTE:	Coordinador de Laboratorio / Estudiante
MÉTODO DE CÁLCULO:	$(\text{Número de prototipos defectuosos} / \text{Número total de prototipos}) \times 100$
JERARQUÍA DEL INDICADOR:	Resultado
FRECUENCIA DE ACTUALIZACIÓN:	Mensual
INDICADOR FRACCIONAL:	Si
RESPONSABLE:	Coordinador de laboratorio
EVIDENCIABLE:	Informe semestral
METAS:	$\geq 80\%$

Ensamble y Entrega del Prototipo

Algunos prototipos cuentan con más de un elemento, los cuales deben ser ensamblados una vez se termine las verificaciones respectivas. Pero también existen prototipos individuales. La idea es determinar las cantidades de prototipos compuestos en función a la totalidad de prototipos maquinados en un tiempo determinado.

Tabla 51.

Indicador de Cantidad de Prototipos Compuestos

FICHA DE INDICADOR	
NOMBRE DE INDICADOR:	Cantidad de prototipos compuestos
DESCRIPCIÓN:	Es la cantidad de prototipos compuestos que se maquinan en el laboratorio en un tiempo determinado
TIPO DE COMPORTAMIENTO:	Discreto
LÍNEA BASE:	N/A
UNIDAD DE MEDIDA:	Cantidad
FUENTE:	Coordinador de Laboratorio / Estudiante
MÉTODO DE CÁLCULO:	Número de prototipos compuestos
JERARQUÍA DEL INDICADOR:	Resultado
FRECUENCIA DE ACTUALIZACIÓN:	Mensual
INDICADOR FRACCIONAL:	Si
RESPONSABLE:	Coordinador de laboratorio
EVIDENCIABLE:	Informe semestral
METAS:	N/A

Adquisición de Materiales, Herramientas y Consumibles

El proceso de compra es complejo, debido a la cantidad de actores presentes para poder realizar una compra. Sin embargo, la necesidad surge directamente en el laboratorio al existir escases de un material, herramienta o consumible. Semestralmente se asigna un presupuesto para cubrir con los pedidos del laboratorio, sin embargo, durante las practicas puede existir falta de algún material, herramienta o consumible. En este caso es necesario iniciar un nuevo proceso de compra. Un indicador adecuado para este proceso es el conteo de pedidos de compra de insumos.

Tabla 52.

Indicador de Cantidad de Procesos Extra de Compra

FICHA DE INDICADOR	
NOMBRE DE INDICADOR:	Cantidad de procesos extra de compra
DESCRIPCIÓN:	Es la cantidad de procesos de compra que se hacen fuera de la planificación semestral
TIPO DE COMPORTAMIENTO:	Discreto
LÍNEA BASE:	N/A
UNIDAD DE MEDIDA:	Cantidad
FUENTE:	Coordinador de Laboratorio
MÉTODO DE CÁLCULO:	Conteo de procesos de compra
JERARQUÍA DEL INDICADOR:	Resultado
FRECUENCIA DE ACTUALIZACIÓN:	Semestral
INDICADOR FRACCIONAL:	Si
RESPONSABLE:	Coordinador de laboratorio

EVIDENCIABLE:	Informe semestral
METAS:	≤ 1

Control de Mantenimiento de Máquinas

El laboratorio de la Institución Educativa cuenta con un plan de mantenimiento preventivo establecido y aprobado por la dirección de la Institución. En el caso del mantenimiento correctivo se puede decir que está cubierto, ya que se tiene un tiempo de respuesta relativamente rápido. En este proceso el factor crítico radica en la cantidad de eventos de falla en las maquinas en un tiempo determinado, de esta manera el planteamiento del indicador estará direccionado hacia este sentido.

Tabla 53.

Indicador de Cantidad de Eventos de Falla

FICHA DE INDICADOR	
NOMBRE DE INDICADOR:	Cantidad de eventos de falla
DESCRIPCIÓN:	Es la cantidad de fallas registradas en las maquinas del laboratorio en un tiempo determinado
TIPO DE COMPORTAMIENTO:	Discreto
LÍNEA BASE:	N/A
UNIDAD DE MEDIDA:	Cantidad
FUENTE:	Coordinador de Laboratorio
MÉTODO DE CÁLCULO:	Conteo de eventos de falla
JERARQUÍA DEL INDICADOR:	Resultado
FRECUENCIA DE ACTUALIZACIÓN:	Semestral

INDICADOR	Si
FRACCIONAL:	
RESPONSABLE:	Coordinador de laboratorio
EVIDENCIABLE:	Informe semestral
METAS:	≤ 1

Asesoría

La asesoría es un proceso de apoyo a la ejecución, de este proceso depende la calidad de los prototipos, ya que la asesoría puede ser solicitada a todo nivel del proceso de prototipado. La asesoría puede medirse con el nivel de satisfacción del estudiante.

Tabla 54.




Indicador de Nivel de Satisfacción de Asesoría

FICHA DE INDICADOR	
NOMBRE DE INDICADOR:	Nivel de satisfacción de asesoría
DESCRIPCIÓN:	Es el porcentaje de satisfacción de usuario o estudiante con la asesoría
TIPO DE COMPORTAMIENTO:	Discreto
LÍNEA BASE:	N/A
UNIDAD DE MEDIDA:	Porcentaje
FUENTE:	Estudiante
MÉTODO DE CÁLCULO:	$(\text{Número de asesorías exitosas} / \text{Número total de asesorías}) \times 100$
JERARQUÍA DEL INDICADOR:	Resultado
FRECUENCIA DE ACTUALIZACIÓN:	Mensual
INDICADOR	Si

FRACCIONAL:	
RESPONSABLE:	Coordinador de laboratorio
EVIDENCIABLE:	Encuesta de satisfacción
METAS:	≥80%

Tabla 55.

Resumen de Indicadores Operativos

PROCESO	INDICADOR	FORMULA DE CALCULO	SEMÁFORO DE CONTROL		
					
Planificación de infraestructura	Cantidad de intervenciones	Conteo numérico de intervenciones	≥ 3	3	≤ 3
Planificación Académico	Cantidad de inconvenientes en asignaciones	Conteo numérico de inconvenientes en asignaciones	-	>0	0
Verificación de factibilidad de fabricación	Cumplimiento de restricciones de ideas de prototipo	(Número de ideas de prototipo que cumplen restricciones de Máquinas / Número total de ideas de prototipo) x 100	≤ 80%	80%	≥ 80%
Análisis de condiciones particulares	Superación de condición particular	(Número de condiciones particulares superadas / Número total de condiciones particulares) x 100	≤ 70%	70%	≥ 70%
Modelado	Usuarios con diseño en formato digital	(Número de estudiantes o usuarios con diseño 3D / Número total de usuarios o estudiantes) x 100	≤ 90%	90%	≥ 90%
Solicitud de uso de laboratorio	Autorizaciones de uso de laboratorio	(Número de solicitudes aprobadas / Número total de solicitudes) x 100	≤ 90%	90%	≥ 90%
Selección de máquina	Selección correcta de máquina	(Número de prototipos terminados usando una sola maquina / Número total de prototipos	≤ 75%	75%	≥ 75%

		terminados) x 100			
Maquinado	Asesoría en Maquinado	(Número de asesorías en maquinado / Número total de prototipos terminados) x 100	\leq 75%	75%	\geq 75%
Escaneado	Asesoría en Escaneado	(Número de asesorías en escaneado / Número total de escaneos) x 100	\leq 75%	75%	\geq 75%
Verificación de resultados	Prototipo incorrecto	(Número de prototipos defectuosos / Número total de prototipos) x 100	\leq 80%	80%	\geq 80%
Ensamble y entrega del prototipo	Cantidad de prototipos compuestos	Número de prototipos compuestos	N/A	N/A	N/A
Adquisición de materiales, herramientas o consumibles	Cantidad de procesos extra de compra	Conteo de procesos de compra	\leq 1	1	\geq 1
Control de mantenimiento de maquinas	Cantidad de eventos de falla	Conteo de eventos de falla	\leq 1	1	\geq 1
Asesoría	Nivel de satisfacción de asesoría	(Número de asesorías exitosas / Número total de asesorías) x 100	\leq 80%	80%	\geq 80%

Tomado de (Polo, 2017) (Paredes, 2010)

4.3.2. Indicadores Estratégicos

Estos indicadores están enfocados en medir el proceso de prototipado desde otros niveles, en otras palabras, desde un punto de vista macro.

Indicador de Eficiencia

Este indicador mide el nivel de eficiencia del proceso de prototipado. Es importante que se tome en cuenta esto ya que el desarrollo de los prototipos involucra muchos factores, siendo uno de los más importantes la eficiencia. Este indicador puede otorgar una idea de cómo está trabajando el laboratorio en función de la cantidad de estudiantes o usuarios realizando el prototipado.

Tabla 56.

Indicador de Eficiencia

FICHA DE INDICADOR	
NOMBRE DE INDICADOR:	Eficiencia
DESCRIPCIÓN:	Es el porcentaje que relaciona el número de horas efectivamente trabajadas en relación con la cantidad de usuarios activos en ese tiempo
TIPO DE COMPORTAMIENTO:	Discreto
LÍNEA BASE:	No se tiene información previa
UNIDAD DE MEDIDA:	Porcentaje
FUENTE:	Coordinador de laboratorio
MÉTODO DE CÁLCULO:	$(\text{Horas laboradas} / \text{Usuarios atendidos}) \times 100$
JERARQUÍA DEL INDICADOR:	Resultado
FRECUENCIA DE ACTUALIZACIÓN:	Mensual
INDICADOR FRACCIONAL:	Si
RESPONSABLE:	Coordinador de laboratorio
EVIDENCIABLE:	Informes
METAS:	$\geq 80\%$

Indicador de Satisfacción

Como en toda industria o negocio, se tiene una frase que debe dominar las metas del laboratorio: El beneficio es para el estudiante. Este enfoque permite realizar los procesos en función del usuario o estudiante. Los niveles de aceptación deben ser positivos, o al menos esa debe ser la meta. Para esto se ha creado el indicador de satisfacción.

Tabla 57.

Indicador de Satisfacción

FICHA DE INDICADOR	
NOMBRE DE INDICADOR:	Satisfacción
DESCRIPCIÓN:	Es el porcentaje que relaciona el número de usuarios satisfechos con el número total de usuarios
TIPO DE COMPORTAMIENTO:	Discreto
LÍNEA BASE:	Encuestas de satisfacción
UNIDAD DE MEDIDA:	Porcentaje
FUENTE:	Coordinador de laboratorio
MÉTODO DE CÁLCULO:	$(\text{Número de usuarios satisfechos} / \text{Número total de usuarios}) \times 100$
JERARQUÍA DEL INDICADOR:	Resultado
FRECUENCIA DE ACTUALIZACIÓN:	Mensual
INDICADOR FRACCIONAL:	Si
RESPONSABLE:	Coordinador de laboratorio
EVIDENCIABLE:	Informes
METAS:	$\geq 90\%$

Indicador de Desperdicio de Material

Este indicador ayudará a medir los desperdicios causados por el proceso de maquinado en sí. Es importante ahondar esfuerzo en reducir los desperdicios, y que de esta manera se pretende ahorrar recursos y reducir los gastos innecesarios.

Tabla 58.

Indicador de Desperdicio de Material

FICHA DE INDICADOR	
NOMBRE DE INDICADOR:	Desperdicio de material
DESCRIPCIÓN:	Es el porcentaje de desperdicio de material después del proceso de maquinado
TIPO DE COMPORTAMIENTO:	Discreto
LÍNEA BASE:	Peso de materia prima antes y después del maquinado
UNIDAD DE MEDIDA:	Porcentaje
FUENTE:	Coordinador de laboratorio
MÉTODO DE CÁLCULO:	$((\text{Peso antes del maquinado} - \text{Peso después del maquinado}) / \text{Peso antes del maquinado}) \times 100$
JERARQUÍA DEL INDICADOR:	Resultado
FRECUENCIA DE ACTUALIZACIÓN:	Mensual
INDICADOR FRACCIONAL:	Si
RESPONSABLE:	Coordinador de laboratorio
EVIDENCIABLE:	Informes
METAS:	≤50%

Indicador de Uso de Máquinas

Este indicador sirve para medir y analizar el tiempo de uso de las maquinas en un tiempo determinado. Es muy útil ya que se puede identificar las máquinas que están siendo más utilizadas y cuáles no. Gracias a esto se puede evaluar cambios en metodología de uso y programar los mantenimientos con mayor facilidad.

Tabla 59.




Indicador de Uso de Máquinas

FICHA DE INDICADOR	
NOMBRE DE INDICADOR:	Uso de máquinas
DESCRIPCIÓN:	Es el porcentaje que relaciona el número de horas de uso de una máquina con el total de horas en un mes de trabajos.
TIPO DE COMPORTAMIENTO:	Discreto
LÍNEA BASE:	Reportes de coordinador
UNIDAD DE MEDIDA:	Porcentaje
FUENTE:	Coordinador de laboratorio
MÉTODO DE CÁLCULO:	$(\text{Horas laboradas en una máquina}) / \text{Total de horas laboradas} \times 100$
JERARQUÍA DEL INDICADOR:	Resultado
FRECUENCIA DE ACTUALIZACIÓN:	Mensual
INDICADOR FRACCIONAL:	Si
RESPONSABLE:	Coordinador de laboratorio
EVIDENCIABLE:	Informes
METAS:	$\geq 75\%$

Resumen de Indicadores Estratégicos

Tabla 60.

Resumen de Indicadores Estratégicos

INDICADOR	FORMULA DE CALCULO	SEMÁFORO DE CONTROL		
				
Eficiencia	$(\text{Horas laboradas} / \text{Usuarios atendidos}) \times 100$	$\leq 80\%$	80%	$\geq 80\%$
Satisfacción	$(\text{Número de usuarios satisfechos} / \text{Número total de usuarios}) \times 100$	$\leq 90\%$	90%	$\geq 90\%$
Desperdicio de material	$((\text{Peso antes del maquinado} - \text{Peso después del maquinado}) / \text{Peso antes del maquinado}) \times 100$	$\geq 50\%$	50%	$\leq 50\%$
Uso de máquinas	$(\text{Horas laboradas en una máquina} / \text{Total de horas laboradas}) \times 100$	$\leq 75\%$	75%	$\geq 75\%$

4.4. Plan de Acción

4.4.1. Elaboración de Uso de Equipos del Área de Prototipado

El manual de uso de los equipos del área de prototipado del laboratorio de la Institución Educativa, debe ser una herramienta útil enfocada en la operatividad del proceso de prototipado.

Esta herramienta deberá estar direccionada al estudiante o usuario del laboratorio, y debe mostrar una estructura clara con la que se puedan identificar cada una de las etapas que se realizan durante el proceso de prototipado.

Además, debe tener los siguientes parámetros:

- Objetivo.
- Alcance.
- Responsabilidades.
- Desarrollo de Procesos.

Este manual de procedimientos debe ser validado y actualizado periódicamente, ya que las políticas estratégicas establecen implementación de mejoras. Este documento se encuentra en el ANEXO C del presente trabajo de titulación.

4.4.2. Gestión de Actividades

Uno de los puntos más importantes al ejecutar el replanteo de procesos agregadores de valor propuestos es la gestión humana, es decir las funciones o actividades que deben cumplir los actores en lo que tiene que ver con el prototipado.

Se han nombrado durante todo el trabajo de titulación tres actores:

- Estudiante o usuario.
- Ayudante de laboratorio.
- Director de la Institución.

4.4.2.1. Funciones de Estudiante

El proceso de prototipado está enfocado en que el estudiante o usuario sea el que realice la mayor cantidad de actividades durante el prototipado. A través de la lectura de los diagramas de procesos se pueden identificar la mayor parte de actividades que es responsabilidad del estudiante o usuario.

Actualmente no se tiene una guía de uso del laboratorio, a excepción de las instrucciones impartidas en clase de laboratorio, las cuales resultan en ocasiones insuficientes a causa del poco tiempo dedicado, o de la complejidad propia del prototipo a crearse. En el ANEXO D se muestra un diagrama integral de todo el proceso de prototipado, incluyendo las responsabilidades del estudiante, el cual debe ser de conocimiento de todos los usuarios del laboratorio.

4.4.2.2. Funciones del Ayudante de Laboratorio

Las funciones del ayudante de laboratorio son las que experimentaron un mayor cambio con respecto a la situación actual. Debido a que las actividades en el área de prototipado no son continuas durante el semestre, el ayudante de laboratorio desempeña otras funciones administrativas, sin embargo, en ciertos casos dichas funciones ocupan más tiempo que el de las funciones propias de su cargo.

La propuesta radica en que el ayudante de laboratorio debe estar presente en cada desarrollo de un prototipo, con el objetivo primordial de ser un ente de asesoría. Se pudo constatar que durante la realización de las pruebas de prototipado existían muchas dudas en cuanto al manejo de los equipos, los cuales en ocasiones el ayudante de laboratorio no conocía respuesta o no se encontraba en el laboratorio.

Es necesario que el ayudante de laboratorio conozca a profundidad el manejo de los equipos de prototipado, y por supuesto, los posibles problemas que puedan ocurrir para dar una solución rápida y eficaz.

Las funciones delegadas por el Director de la Institución al ayudante de laboratorio no pueden ser ignoradas, ya que es necesario justificar el número de horas de trabajo. Por esta razón se sugiere que el ayudante de laboratorio pueda delegar funciones a pasantes o ayudantes de cátedra que realicen sus actividades en el laboratorio, siempre y cuando se les preste la capacitación específica en el manejo de las máquinas y del prototipado en sí.

4.4.2.3. Funciones del Director de la Institución

En este aspecto no se puede sugerir mayores cambios, ya que las funciones del Director de la institución son diversas. Sin embargo, se sugiere que se lleve un control y seguimiento de las actividades de prototipado y se incremente en el programa académico de las asignaturas un número más elevado de prácticas, con el propósito de ganar experiencia en generación de prototipos, que a la larga facilitará la meta de convertir el laboratorio en un FABLAB.

5. Análisis de los Resultados

Para realizar un correcto análisis de resultados se usó el software Bizagi Modeler, en el cual se realizó toda la diagramación de los procesos.

Primero que todo se realizó una simulación de la situación actual, tomando en cuenta tiempos, recursos y calendarios de trabajo, finalmente se volvió a realizar una simulación, pero con la propuesta de mejora, con el objetivo de comparar y constatar las mejoras al proceso de prototipado.

Cabe señalar que solo se hará simulación para los procesos agregadores de valor, ya que dentro de estos se encuentran los puntos críticos a corregir.

5.1. Simulación de la Situación Actual

Esta simulación se la realizará en tres partes, considerando cada parte como un macroproceso. Los tiempos a usarse serán los mismos calculados durante las pruebas realizadas.

5.1.1. Simulación Macroproceso de Modelado

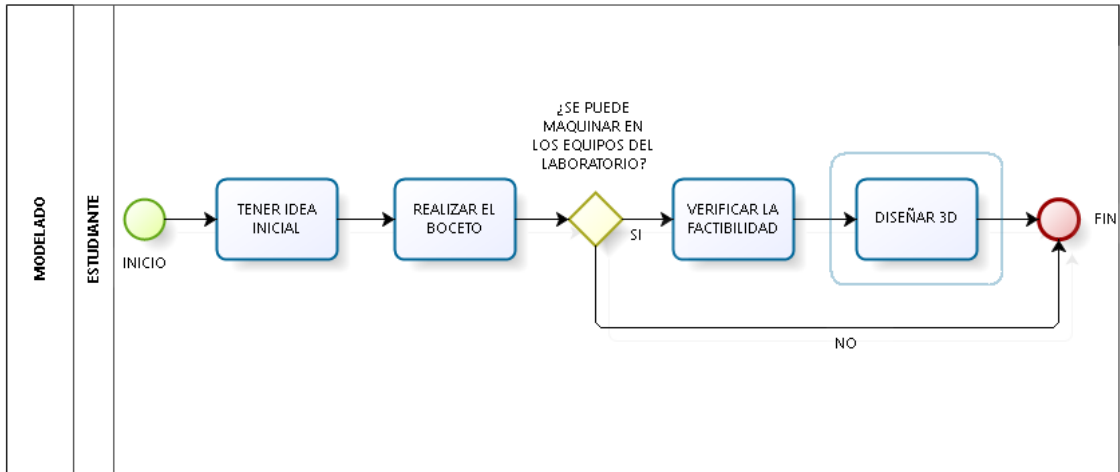
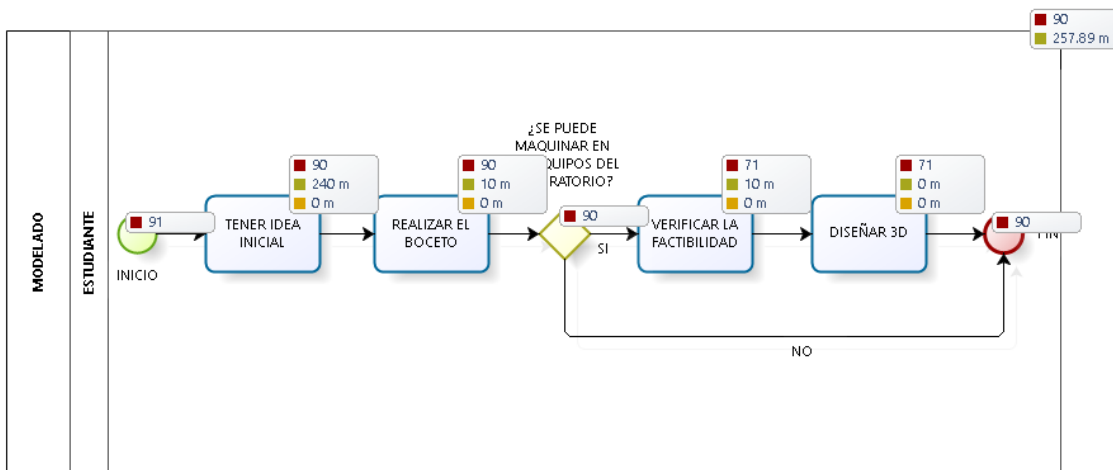


Figura 67. Pre Simulación Macroproceso de Modelado



Tiempo promedio	272 min
Porcentaje de uso de recursos (Estudiante)	17.27%

Figura 68. Simulación situación actual - Macroproceso de Modelado

5.1.2. Simulación Macroproceso de Uso de Laboratorio

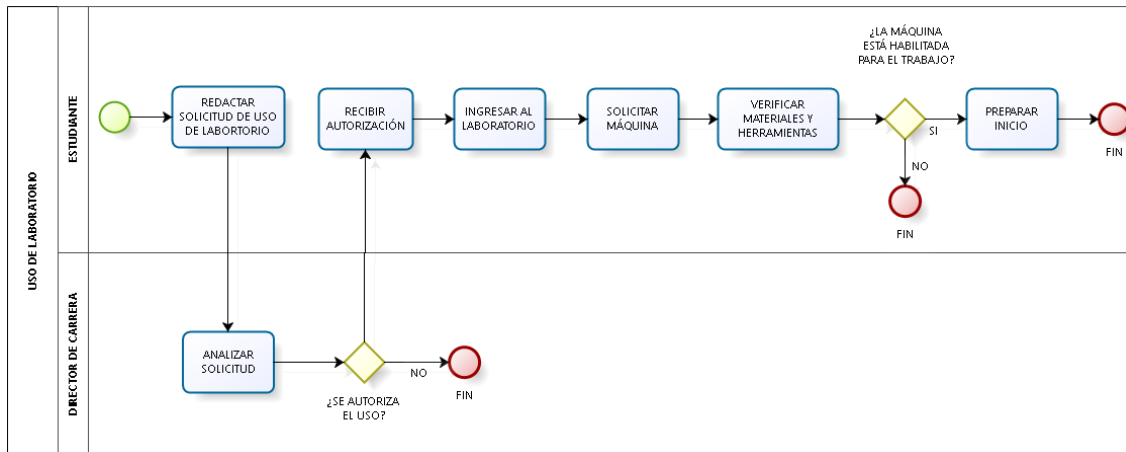
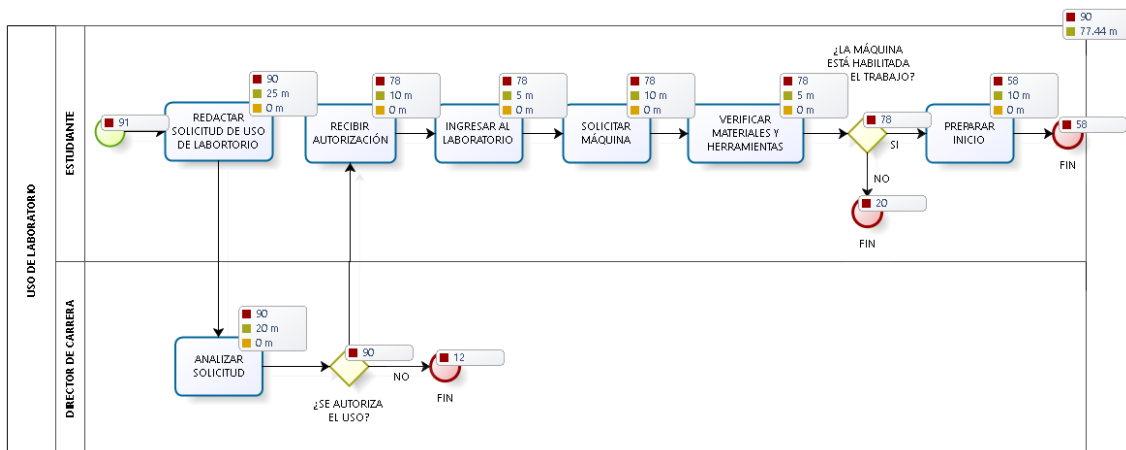


Figura 69. Pre Simulación Macroproceso de Uso de Laboratorio



Tiempo promedio	77 min
Porcentaje de uso de recursos (Estudiante)	11.97%
Porcentaje de uso de recursos (Director de la institución)	4.17%

Figura 70. Simulación situación actual - Macroproceso de Uso de laboratorio

5.1.3. Simulación Macroproceso de Maquinado

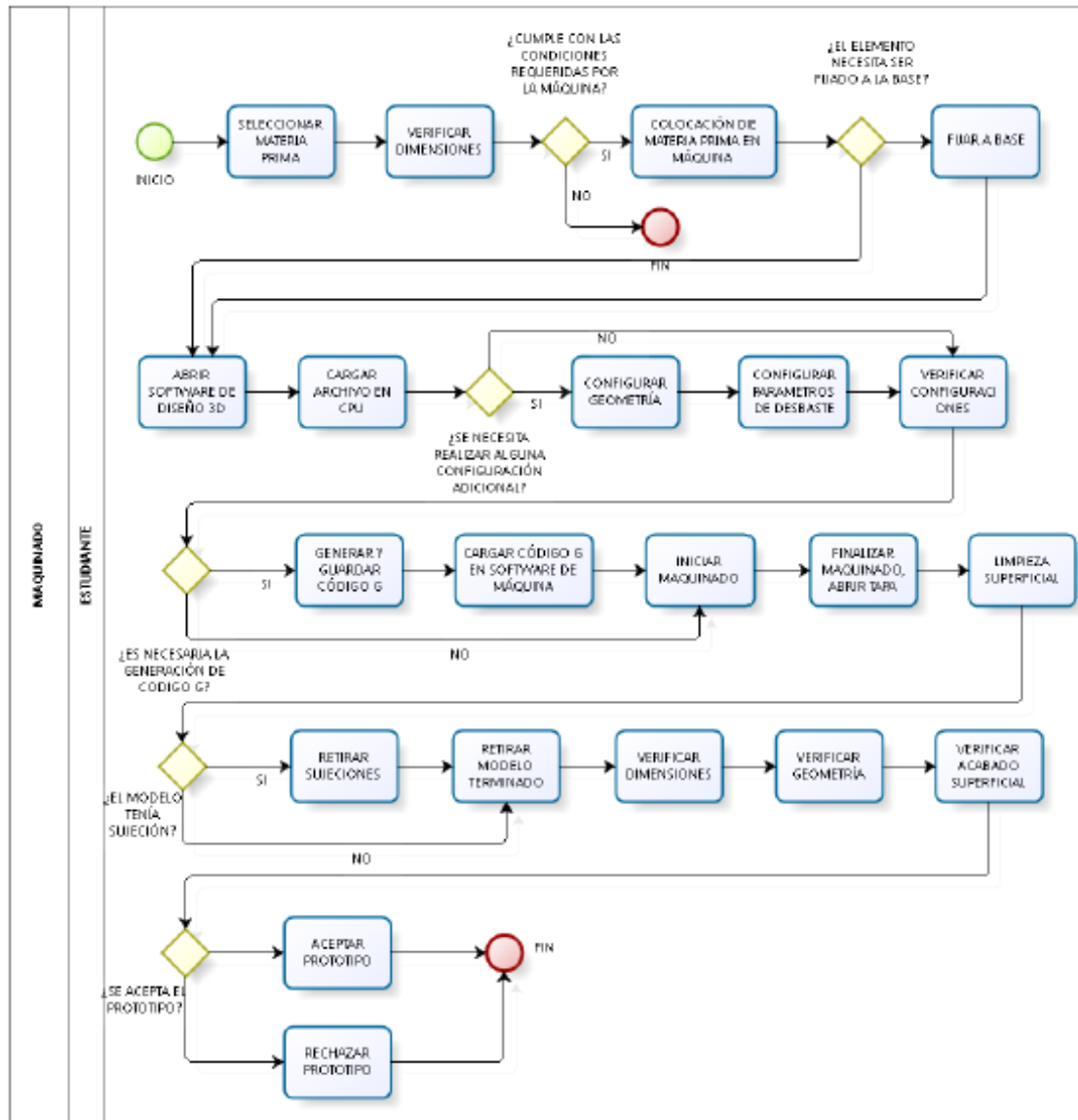
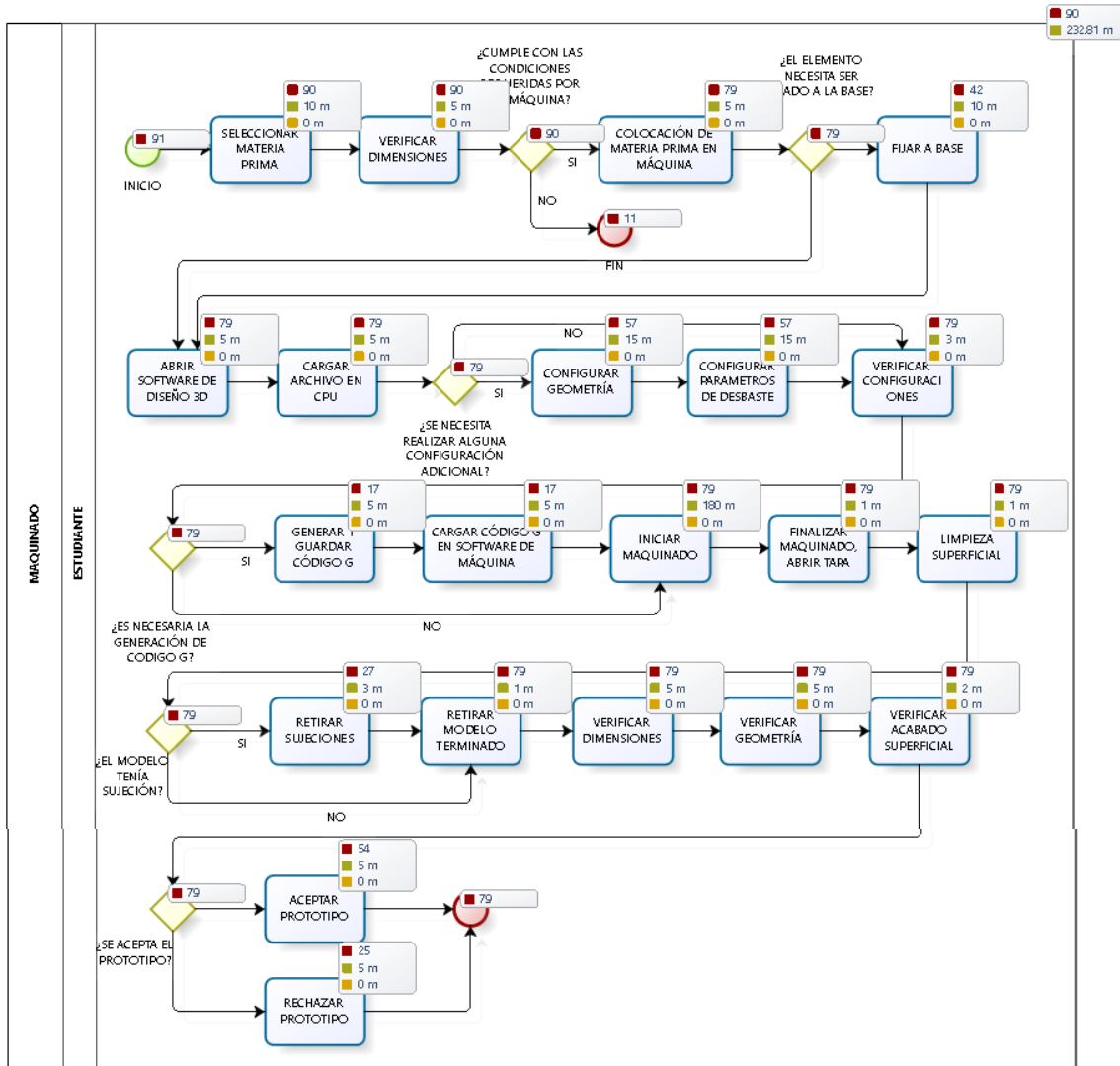


Figura 71. Pre Simulación Macroproceso de Maquinado



Tiempo promedio	232 min
Porcentaje de uso de recursos (Estudiante)	48.50%

Figura 72. Simulación situación actual - Macroproceso de Maquinado

Tabla 61.

Resumen de tiempos de ejecución de Prototipado

	MODELADO	USO DE LABORATORIO	MAQUINADO
Tiempo promedio	528 min	77 min	232 min
Tiempo total	837 min		

5.2. Simulación de Propuesta

Como ya se mencionó en el capítulo 4, para la propuesta de mejora se ha reestructurado los procesos agregadores de valor, siendo ahora que existen cuatro macroprocesos:

- Preliminares.
- Selección.
- Ejecución.
- Entrega.

Se hará la siguiente simulación de manera individual por cada proceso, haciendo una suma de los tiempos totales al final.

5.2.1. Simulación Macroproceso Preliminares

Verificar Factibilidad de Fabricación

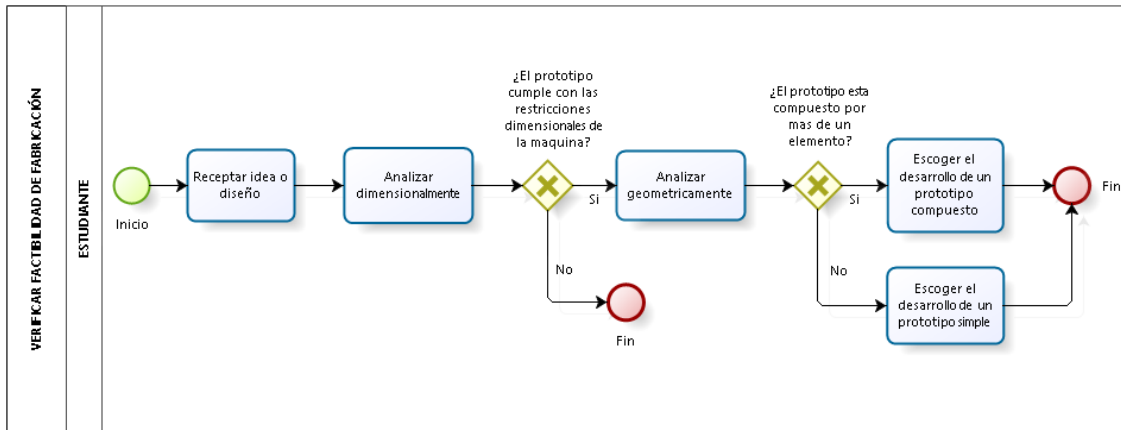
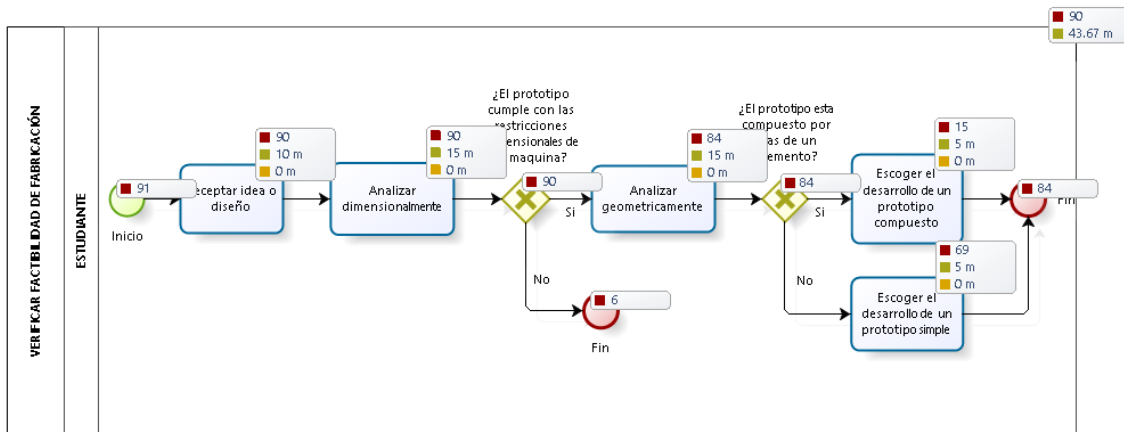


Figura 73. Pre Simulación de Proceso de Verificar Factibilidad



Tiempo promedio	43 min
Porcentaje de uso de recursos (Estudiante)	9.1%

Figura 74. Simulación Propuesta – Proceso Verificar factibilidad de fabricación

Análisis de Condiciones Particulares

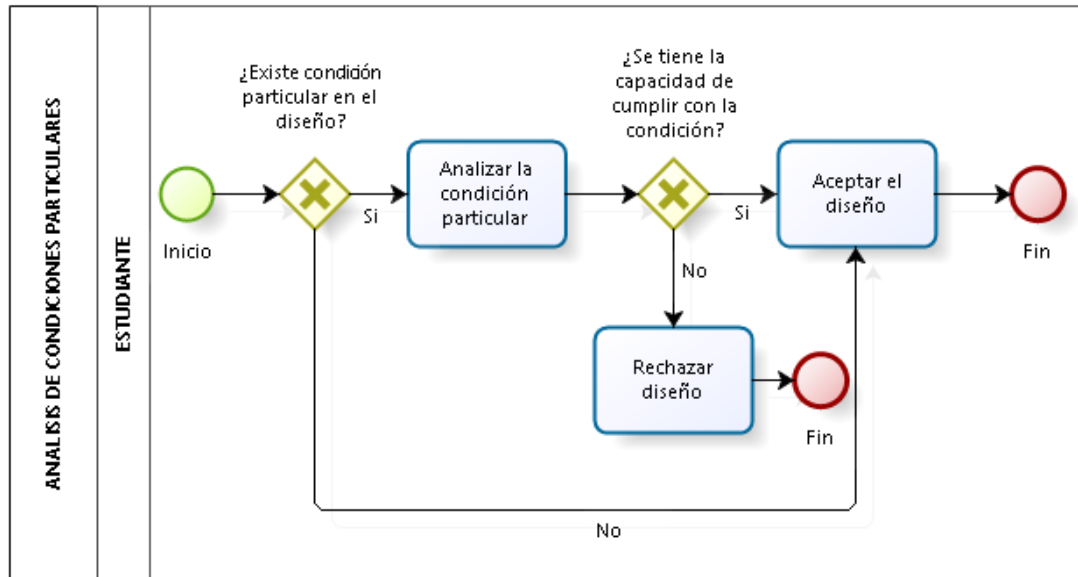
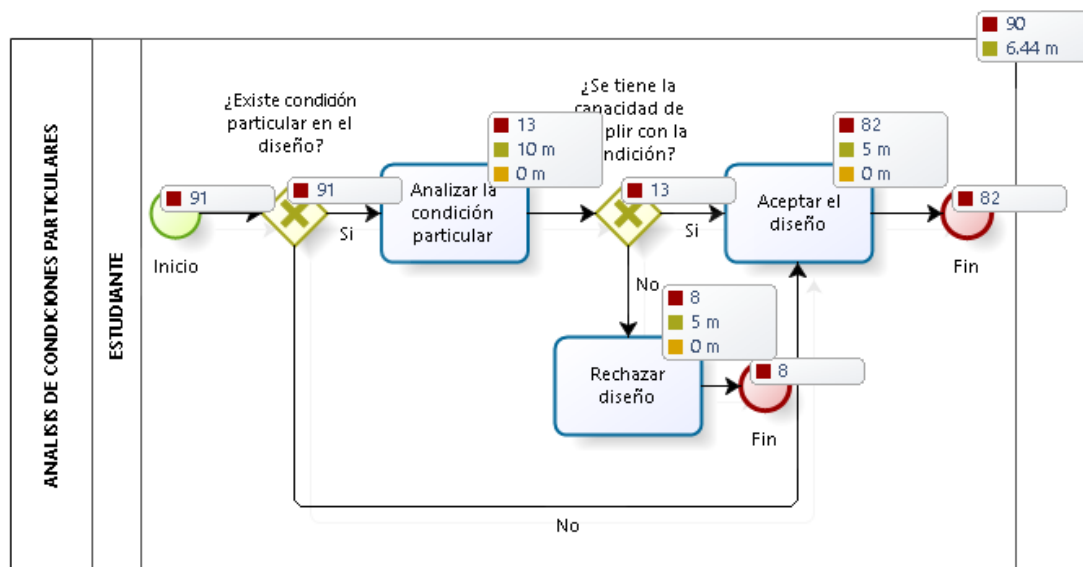


Figura 75. Pre Simulación Proceso de Análisis de Condiciones Particulares



Tiempo promedio	6 min
Porcentaje de uso de recursos (Estudiante)	1.34%

Figura 76. Simulación Propuesta – Proceso Análisis de Condiciones Particulares

Modelado

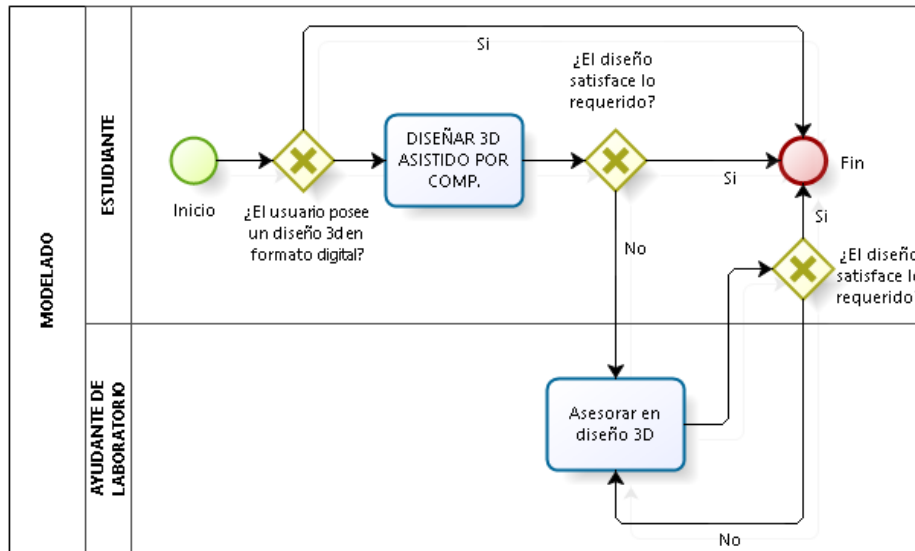
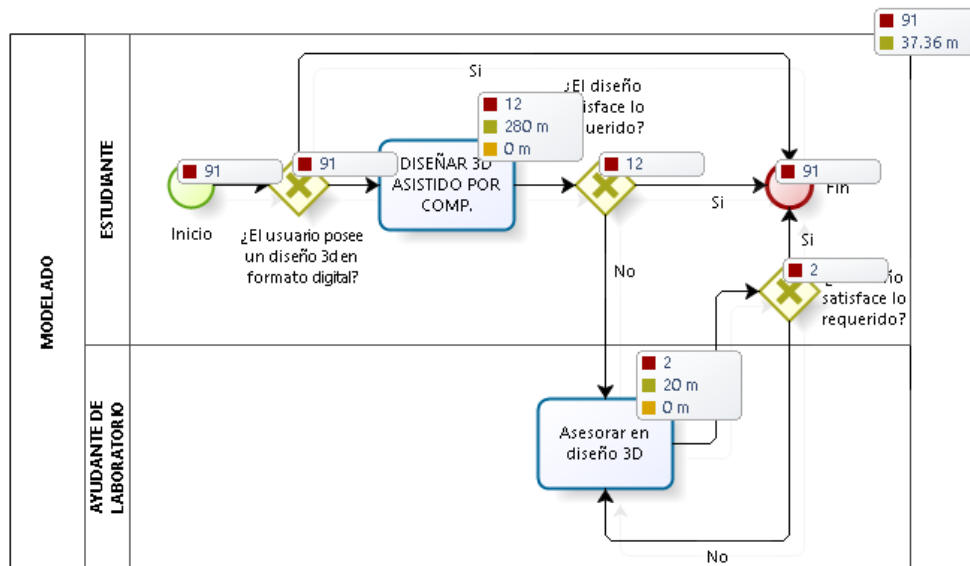


Figura 77. Pre Simulación Proceso de Modelado



Tiempo promedio	37 min
Porcentaje de uso de recursos (Estudiante)	7.78%
Porcentaje de uso de recursos (Ayudante de laboratorio)	0.09%

Figura 78. Simulación Propuesta – Proceso Modelado

Solicitud de Uso de Laboratorio

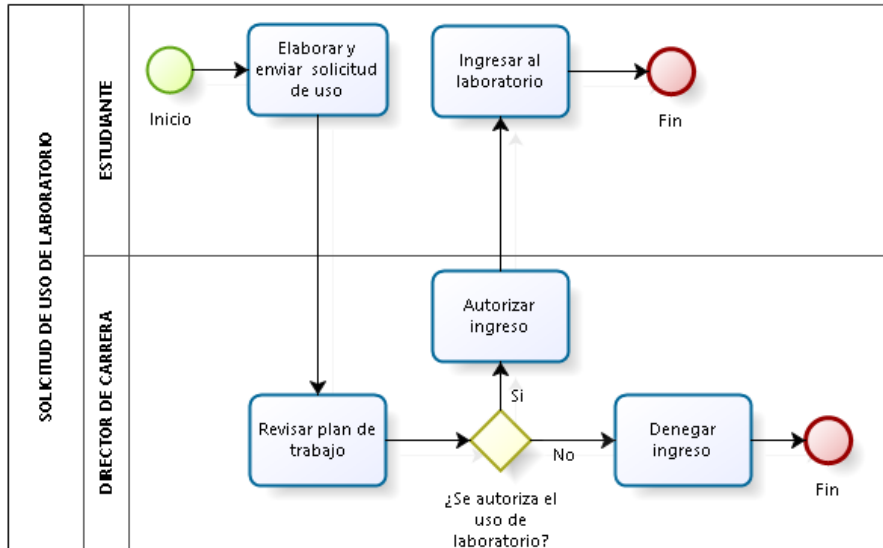
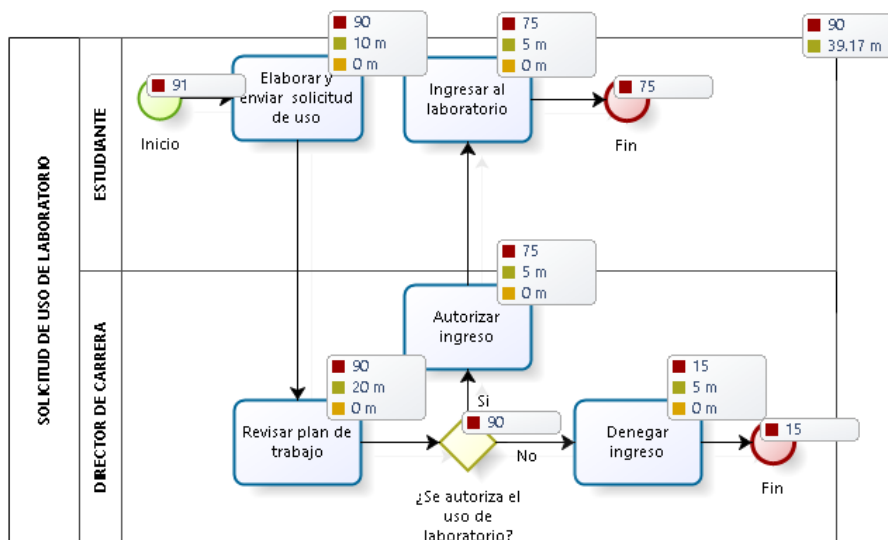


Figura 79. Pre Simulación de Proceso de Solicitud de Uso de Laboratorio



Tiempo promedio	39 min
Porcentaje de uso de recursos (Estudiante)	2.95%
Porcentaje de uso de recursos (Ayudante de laboratorio)	5.21%

Figura 80. Simulación Propuesta - Proceso de solicitud de uso de laboratorio

5.2.2. Simulación Macroproceso Selección

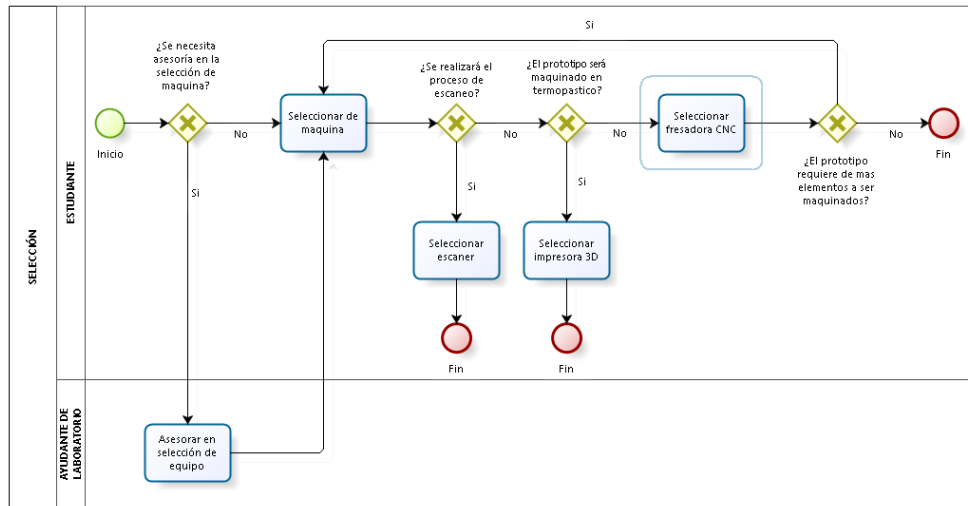
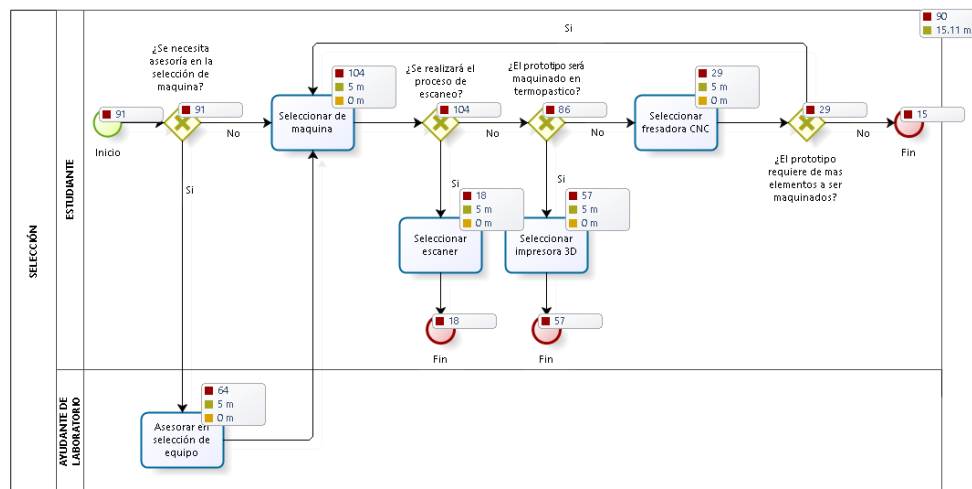


Figura 81. Pre Simulación de Macroproceso de Selección



Tiempo promedio	39 min
Porcentaje de uso de recursos (Estudiante)	2.41%
Porcentaje de uso de recursos (Ayudante de laboratorio)	0.74%

Figura 82. Simulación Propuesta - Proceso de Selección

5.2.3. Simulación Macroproceso Ejecución

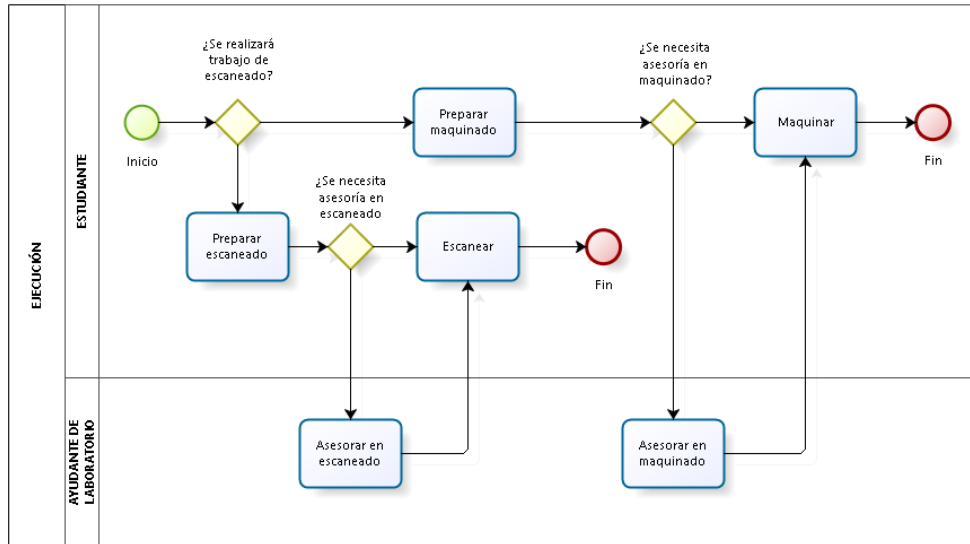
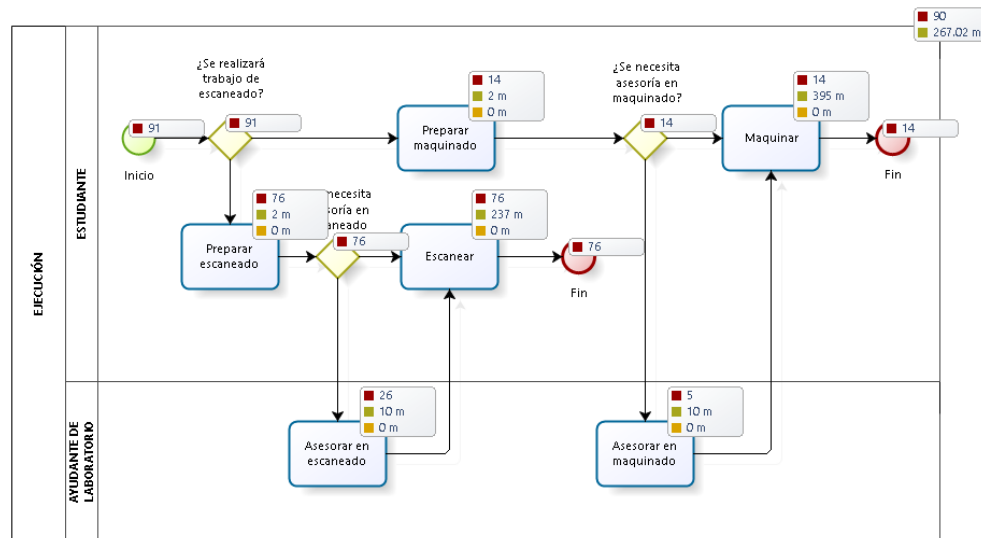


Figura 83. Pre Simulación de Macroproceso de Ejecución



Tiempo promedio	267 min
Porcentaje de uso de recursos (Estudiante)	54.91%
Porcentaje de uso de recursos (Ayudante de laboratorio)	0.72%

Figura 84. Simulación Propuesta - Proceso de Ejecución

5.2.4. Simulación Macroproceso Entrega

Verificar Resultados

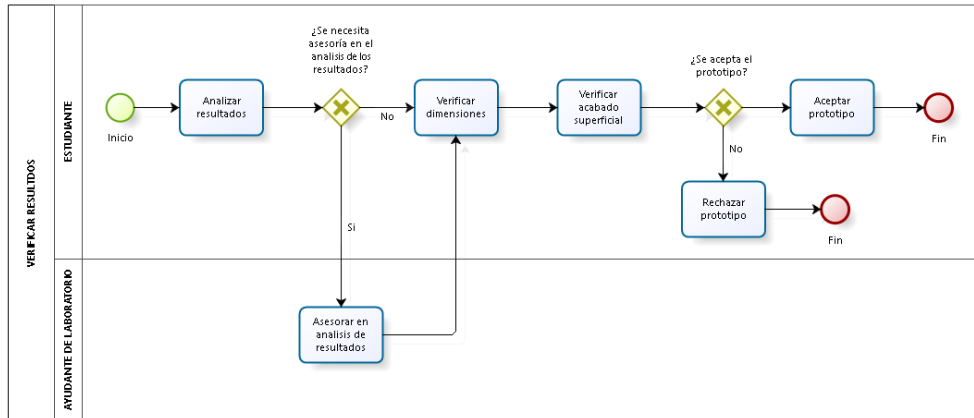
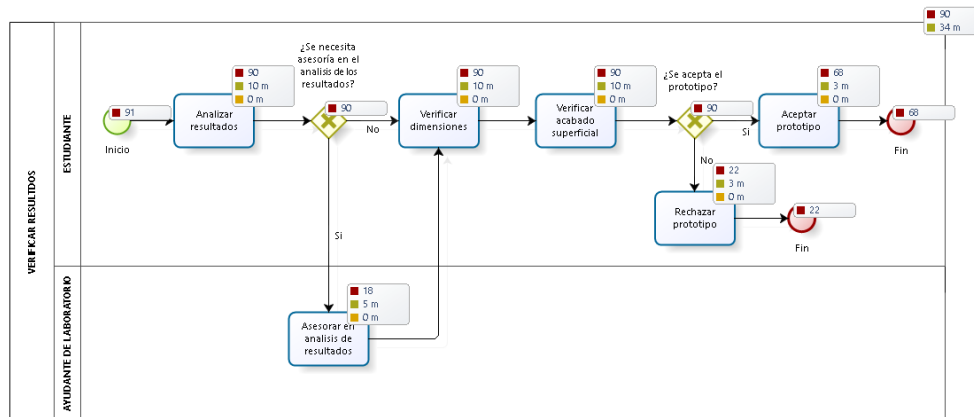


Figura 85. Pre Simulación de Proceso de Verificar Resultados



Tiempo promedio	34 min
Porcentaje de uso de recursos (Estudiante)	6.88%
Porcentaje de uso de recursos (Ayudante de laboratorio)	0.21%

Figura 86. Simulación Propuesta - Proceso de Verificar Resultados

Ensamblar Y Entregar Prototipo

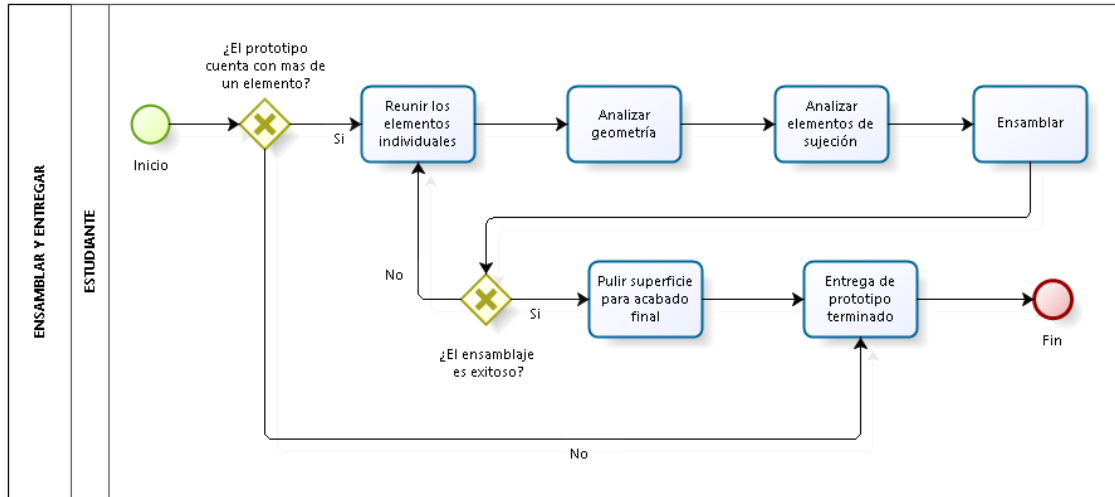
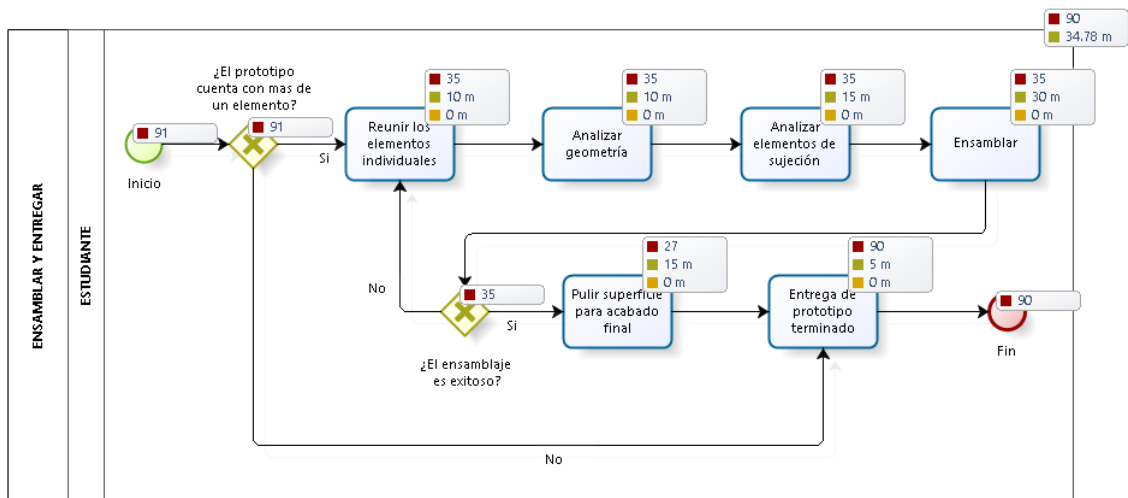


Figura 87. Pre Simulación Proceso de Ensamblar y Entregar Prototipo



Tiempo promedio	34 min
Porcentaje de uso de recursos (Estudiante)	7.25%

Figura 88. Simulación Propuesta - Proceso de ensamblar y entregar prototipo

5.3. Análisis de los Resultados

Una vez obtenidos los resultados de las simulaciones respectivas, se procede a hacer una comparación entre los resultados de tiempos promedios entre la situación actual y la propuesta:

Tabla 62.

Análisis de Tiempos Promedios

SITUACIÓN ACTUAL		PROPUESTA	
MACROPROCESO	TIEMPO PROMEDIO (min)	MACROPROCESO	TIEMPO PROMEDIO (min)
Modelado	272	Preliminares	125
Uso de laboratorio	77	Selección	39
Maquinado	232	Ejecución	267
		Entrega	68
TIEMPO TOTAL	581	TIEMPO TOTAL	499

Como se puede observar, incluso incluyendo un macroproceso más, el tiempo promedio de la propuesta mejoró en 82 min.

El porcentaje de mejora es de 14.11%.

Esto confirma que la solución planteada es viable para el uso del área de prototipado del Laboratorio.

5.4. Análisis Costo Beneficio

El laboratorio de la Institución Educativa no genera recursos, debido a políticas de Estado que prohíben que estas áreas sean utilizadas para fines de lucro. Esto hace que el objetivo de este proyecto de titulación tenga un fin académico. Sin embargo, al mejorar la eficiencia de los procesos que intervienen en el prototipado se puede obtener beneficios económicos, en otras palabras, a mayor eficiencia mayor ahorro. A continuación, se hará un análisis:

Tabla 63.

Calculo de Costos de Prototipado

SITUACIÓN ACTUAL		
Rubro	Costo	Periodo
Director	\$ 2,200.00	Mes
Ayudante de laboratorio	\$ 700.00	Mes
Mantenimiento	\$ 125.00	Mes
Insumos	\$ 800.00	Mes
Infraestructura	\$ 25.00	Mes
Ayudante de catedra	\$ 125.00	Mes
TOTAL	\$ 3,975.00	Mes

Los costos que son asignados a salarios, tal es el caso del Director, ayudante de laboratorio y ayudante de catedra, no se pueden modificar; de igual manera el costo por infraestructura no es modificable, ya que es un valor estimado y proporcional con respecto al costo mensual de todo el campus universitario; esto hace que solo los costos de mantenimiento y de insumos puedan modificarse para generar ahorro.

Los procesos involucrados son: Compras y Mantenimiento. Estos procesos han sido identificados como Procesos de Apoyo.

Durante el desarrollo de la propuesta se tomó la decisión de mantener estos procesos como apoyo, ya que no se involucran directamente en el prototipado, sin embargo, si se tomó en cuenta una mejora en la eficiencia. Como se puede observar en el capítulo 4, tabla 37, los índices de eficiencia fueron mejorados para estos dos procesos.

- Compras: De 0.86 a 0.99.
- Mantenimiento: De 0.79 a 0.96.

Básicamente la razón por la que mejoraron estos índices fue el replanteo del proceso, y una de las consecuencias de esto es justamente el ahorro de materiales y buenas prácticas de uso de las máquinas.

De esta manera el desperdicio de materiales disminuye y los mantenimientos no programados (correctivos) son cada vez menos.

Tomando como referencia el porcentaje de aumento en el índice de eficiencia, se hace una relación inversa con el gasto en cada proceso, es decir:

- Porcentaje de Aumento en compras: 15.11%
- Porcentaje de Aumento en mantenimiento: 21.51%
- Porcentaje promedio de Aumento: 18.31%

Se utilizará este promedio como factor de ahorro en los procesos de compras y mantenimiento.

Tabla 64.

Calculo de ahorro total

SITUACIÓN ACTUAL			PROPUESTA			
Rubro	Costo	Periodo	Rubro	Ahorro	Costo	Periodo
Director	\$ 2,200.00	Mes	Director	0%	\$ 2,200.00	Mes
Ayudante de laboratorio	\$ 700.00	Mes	Ayudante de laboratorio	0%	\$ 700.00	Mes
Mantenimiento	\$ 125.00	Mes	Mantenimiento	18.31%	\$ 105.65	Mes
Insumos	\$ 800.00	Mes	Insumos	18.31%	\$ 676.19	Mes
Infraestructura	\$ 25.00	Mes	Infraestructura	0%	\$ 25.00	Mes
Ayudante de catedra	\$ 125.00	Mes	Ayudante de catedra	0%	\$ 125.00	Mes
TOTAL	\$ 3,975.00	Mes	TOTAL		\$ 3,831.84	Mes

AHORRO TOTAL	\$ 143.16
---------------------	------------------

6. Conclusiones y Recomendaciones

6.1. Conclusiones

Se logró plantear un diseño del proceso de producción de prototipos, empleando la tecnología manufacturera del laboratorio de la Institución Educativa.

Se creó una secuencia lógica de uso de los equipos para la elaboración de prototipos para explotar al máximo la eficiencia tecnológica del laboratorio.

Se pudo identificar las restricciones existentes para la fabricación de prototipos y encontrar las mejores alternativas para superarlas.

Se identificaron los subprocesos de Solicitud de Ingreso al Laboratorio, Solicitud de Uso de Máquina, Importación de Diseño y Finalizar Maquinado, como los subprocesos menos eficientes.

Se logró un diseño de los procesos por cada máquina, además de los criterios de uso por parte de los estudiantes.

El replanteo de los procesos agregadores de valor fue fundamental para darle una mejor estructura al proceso, y gracias a esto se logró adicionar situaciones que actualmente no estaban contempladas, como es el caso de prototipos de más de una pieza.

Se hizo un especial énfasis en el proceso de selección de máquina, ya que al momento es uno de los puntos críticos a mejorar, y se logró tener un proceso fácil y eficaz para que cualquier usuario pueda seleccionar la máquina adecuada.

Se concluye que en la realización de los prototipos existe falencias en la selección de las máquinas, ya que se puede observar subutilización en el torno CNC y en la fresadora CNC, y sobreutilización en la impresora 3D. En el caso del torno la subutilización resulta total, ya que no se utiliza en absoluto para la realización de las practicas, por otro lado, la impresora 3D gracias a su facilidad de uso, es usada en mayor número por los estudiantes. Gracias al nuevo planteamiento del proceso de selección de máquina se logró dar un uso más equitativo a las máquinas de prototipado del laboratorio.

Se pudo comprobar que la propuesta del proceso de prototipado mejora los tiempos de producción actuales.

Las funciones del ayudante de laboratorio fueron optimizadas, con el enfoque en la asesoría al usuario en todos los procesos y subprocesos del prototipado. Esto resulta clave para mejorar tiempos de producción, calidad y enseñanza, dando como resultado un prototipado más eficiente.

Se concluye que realizando una implementación de este diseño de proceso se obtendrán resultados positivos, tales como el ahorro en insumos y mantenimientos, esto a su vez hace que exista un ahorro económico.

6.2. Recomendaciones

Se recomienda socializar con los estudiantes y docentes que usen el laboratorio, el diseño del proceso de prototipado mediante la impresión de los diagramas de procesos y de flujo de los procesos que se deben realizar para que el prototipado sea exitoso.

Los conocimientos teóricos y prácticos de las actividades del laboratorio deben ser totalmente dominados por el ayudante de laboratorio, ya que su principal función en este proceso es la asesoría.

Se recomienda que siempre exista una persona que acompañe al estudiante durante el prototipado, dicha persona debe ser el ayudante de laboratorio, o en su defecto un pasante o ayudante de cátedra debidamente capacitado.

Debe existir capacitación constante para docentes y ayudantes de laboratorio en cuanto al uso de los equipos y los materiales con los cuales se realiza el prototipo. De ninguna manera deben existir equipos subutilizados por falta de conocimientos técnicos.

Es importante que exista un seguimiento y registro de las actividades que se realicen en el área de prototipado por parte de la Dirección de la Institución, con el propósito de encontrar fallas y buscar las mejoras respectivas.

Se sugiere que se involucre más en el plan Académico de la Institución Educativa, o en instituciones afines, el uso del área de prototipado del laboratorio, con el objetivo de adquirir más experiencia tanto de los estudiantes, como de los docentes.

Se debe buscar apertura a estudiantes de otras ramas para el uso del área de prototipado del laboratorio, mediante socialización entre directores de áreas académicas. En estos casos la asesoría es un punto crítico, el cual no debe ser desatendido.

Se sugiere a las autoridades que se busque la apertura al público en general, ya que la tecnología CAD-CAM se encuentra a la vanguardia en el mundo, y es una buena oportunidad para que la Institución Educativa pueda consolidarse en este campo, brindando el servicio de prototipado a usuarios particulares.

REFERENCIAS

- Alcaldía Mayor de Bogotá. (2014). Mapa de procesos. Recuperado el 13 de junio de 2017 <http://fuga.gov.co/mapa-de-procesos>
- Avila Guevara, V. (2015). Diseño de un plan estratégico y un sistema de gestión por procesos para la empresa familiar de terminados gráficos grupo Tecnobrillo. Recuperado el 3 de septiembre de 2017 de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/10677>
- Beltrán Sanz, J., Carmona Calvo, M., Carrasco Perez, R., Rivas Zapata, M., & Tejedor Panchón, F. (2002). Guía para una gestión basada en procesos. Recuperado el 12 de junio de 2017 de <http://www.centrosdeexcelencia.com/dotnetnuke/portals/0/guiagestionprocesos.pdf>
- Betancourt, D. (2016). Diagrama causa efecto como herramienta de calidad. Recuperado el 20 de junio de 2017 de <https://ingenioempresa.com/diagrama-causa-efecto/>
- Bravo Carrasco, J. (2010). Gestión de Procesos. Santiago-Chile: Editorial Evolución S.A.
- Candal, M. (2005). Integración CAD/CAE/CAM-PR en la optimización del diseño de productos plásticos: caso de estudio. Revista Ciencia e Ingeniería., 5.
- Comité Nacional de Productividad e Innovación Tecnológica. (2008). Herramientas de Mejora 5's. Recuperado el 12 de junio de 2017 de http://www.sal.itesm.mx/incubadora/doc/herramientas_japonesas.pdf
- DANE. (s.f.). Selección de Indicadores y Calidad de los Datos. En DANE, Guía para Diseño, Construcción e Interpretación de Indicadores (pág. 23).
- Davila, F. (2014). AVA: Análisis de Valor Agregado. Recuperado el 2 de octubre de 2017 de <https://prezi.com/jsbunantd5fl/ava-analisis-de-valor-agregado/>

- Definicion.mx. (s.f.). Definición de proceso. Recuperado el 5 de junio de 2017 de <http://definicion.mx/proceso/>
- Espinosa Silva, R. (2014). Levantamiento y mejora de procesos en la Empresa Car Shopping S.A. y automatización en base a BPM. Recuperado el 5 de septiembre de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/8024>
- Hatre, A. F. (2004). Indicadores de Gestion y Cuadro de Mando. Recuperado el 20 de septiembre de 2017 de http://idepa.es/sites/web/idepaweb/Repositorios/galeria_descargas_idepa/mando_integral.pdf
- Herrera Martinez, Y. (2013). Diseño de un sistema de gestión por procesos para un restaurante hornados Dieguito. Recuperado el 11 de septiembre de 2017 de <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/9361>
- ixisprocess. (2015). Gestion de procesos de las organizaciones. Recuperado el 12 de junio de 2017 de http://process.ixis.net/opencms/ixisprocess_es/Funcionalidades/Proceso/
- Jimenez, D. (18 de Octubre de 2012). SIPOC- Un diagrama de lo mas util para mapeo de procesos. Recuperado el 15 de junio de 2017 de <http://www.pymesycalidad20.com/sipoc-un-diagrama-de-lo-mas-util-para-mapeo-de-procesos.html>
- Joken. (2012). Cómo construir piezas en resina de poliuretano. Recuperado el 20 de junio de 2017 de <http://j0k3n.com/hardware/modelismo/piezas-resina-poliuretano/>
- Lopez Gomez, H. (2012). Macro y Micro Procesos Empresariales. Recuperado el 13 de junio de 2017 de <https://es.slideshare.net/HenriEmmanuelLopezGomez/macro-y-micro-procesos-empresariales>
- Lopez, C. (2001). 5S: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke. Base de la mejora continua. Recuperado el 13 de junio de 2017 de

<http://www.gestiopolis.com/5s-seiri-seiton-seiso-seiketsu-y-shitsuke-base-de-la-mejora-continua/>

Lugo Marin, J. (2017). Gestion por procesos en los Sistemas de Gestión de la Calidad. Recuperado el 13 de junio de 2017 de <https://www.slideshare.net/juanlugomarin/gestion-por-procesos-en-los-sistemas-de-gestin-de-la-calidad-74168509>

Makerbot. (2013). MAKERBOT REPLICATOR 2X EXPERIMENTAL 3D PRINTER. Recuperado el 15 de junio de 2017 de <https://www.makerbot.com/media-center/2013/01/09/announcing-the-makerbot-replicator-2x-experimental-3d-printer>

Maner, W. (2000). Prototipado. Recuperado el 20 de junio de 2017 de <https://www.sidar.org/recur/desdi/traduc/es/visitable/maner/Prototipado.htm>

Manufactura Inteligente. (2012). Kaizen. Recuperado el 14 de junio de 2017 de <http://www.manufacturainteligente.com/kaizen/>

Gestión de mejora continua. (2016). Gestión de la Calidad: Mejora Continua. Recuperado el 14 de junio de 2017 de <http://mejoracontinuangestionde.blogspot.es/>

Ojeda, Y. G., & Garcia, E. V. (2008). Guia para la identificacion y analisis de los procesos de la universidad de Malaga. Recuperado el 12 de junio de 2017 de http://www.uma.es/publicadores/gerencia_a/wwwuma/guiaprocessos1.pdf

Orti, P. (2014). Ciclo PHVA y PDCL : qué son? . Recuperado e 13 de junio de 2017 de <http://www.blog.stratecsoluciones.com/2014/agosto/ciclo-pdca-pdcl>

Paredes, E. (2010). La comunicación en las organizaciones. Recuperado el 14 de junio de 2017 de <http://gestionando-empresas.blogspot.com/2011/11/cuadro-de-mando-integral.html>

- Perichinsky, G., & García Martínez, R. (1999). El mejoramiento de la capacidad investigativa en unidades académicas universitarias. Recuperado el 13 de junio de 2017 de <http://laboratorios.fi.uba.ar/lasi/c-99-mejoramientocapacidadinvestigativa.pdf>
- Polo, D. (2017). ¿Tu estrategia no funciona? Prueba con el cuadro de mando integral . Recuperado el 22 de agosto de 2017 de <http://www.gestionar-facil.com/cuadro-de-mando-integral-pymes/>
- Ramirez Castro, L. (2011). Levantamiento de procesos. Recuperado el 13 de junio de 2017 de <https://es.slideshare.net/fernandoramirez1974/levantamiento-de-procesos>
- Retos en supply chain. (2014). Tipos, definición y desarrollo de un mapa de procesos. Recuperado el 2 de julio de 2017 de <http://retos-operaciones-logistica.eae.es/2014/10/tipos-definicion-y-desarrollo-de-un-mapa-de-procesos.htm>
- Rey Peteiro, D. (s.f.). Todo sobre la gestión de procesos. Recuperado el 12 de junio de 2017 de <http://www.sinap-sys.com/es/content/todo-sobre-la-gestion-por-procesos-parte-i>
- Roland. (s.f.). Recuperado el 12 de julio de 2017 de http://support.rolanddga.com/_layouts/rolanddga/productdetail.aspx?pm=lpx-600
- Roland. (2017). MDX-40a Fresadora de sobremesa. Recuperado el 12 de julio de 2017 de <https://www.rolanddga.com/es/productos/3d/mdx-40a-fresadora-sobremesa>
- Roland. (2017). Technical Support for Picza LPX-600RE 3D Laser Scanner. Recuperado el 12 de julio de 2017 de http://support.rolanddga.com/_layouts/rolanddga/productdetail.aspx?pm=lpx-600
- Roland Picza. (2006). LPX-60 Manual de Usuario. Roland DG Corporation.

SENA. (2014). Evaluar los Resultados de la Gestion Comercial y Financiera en la Prestación del Servicio de Outsourcing.

Serrano Gomez, L. (2012). Una revisión de los modelos de mejoramiento de procesos con enfoque en el rediseño. Recuperado el 13 de junio de 2017 de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-59232012000400003

Tobón, T. (2016). Caracterización de procesos en las empresas. Recuperado el 13 de junio de 2017 de <https://es.slideshare.net/tomastobon/caracterizacin-de-procesos-59085738>

Workmeter.com. (2014). Los indicadores clave para la mejora de procesos. Recuperado el 13 de junio de 2017 de <http://es.workmeter.com/blog/bid/346733/Los-indicadores-clave-para-la-mejora-de-procesos>

Zaratiegui, J. R. (1999). La gestion por procesos: Su papel e importancia. Recuperado el 14 de junio de 2017 de <http://www.minetur.gob.es/Publicaciones/Publicacionesperiodicas/EconomiaIndustrial/RevistaEconomiaIndustrial/330/12jrza.pdf>

ANEXOS

ANEXO A
TABLAS DE CÁLCULOS DE SIMULACIÓN
SITUACIÓN ACTUAL

Modelado

Nombre	Tipo	Instancias completadas	Instancias iniciadas	Tiempo mínimo (m)	Tiempo máximo (m)	Tiempo promedio (m)	Tiempo total (m)	Tiempo mínimo esperando recursos (m)	Tiempo máximo esperando recursos (m)	Tiempo promedio esperando recursos (m)	Desviación estandar esperando recursos (m)	Tiempo total esperando recursos (m)	Costo fijo total
MODELADO	Proceso	90	91	75	325	272.2222222	24500					0	0
INICIO	Evento de inicio	91											
REALIZAR EL BOCETO	Tarea	90	90	15	15	15	1350	0	0	0	0	0	0
¿SE PUEDE MAQUINAR EN LOS EQUIPOS DEL LABORATORIO?	Compuerta	90	90										
TENER IDEA INICIAL	Tarea	90	91	60	60	60	5400	0	0	0	0	0	0
VERIFICAR LA FACTIBILIDAD	Tarea	71	71	10	10	10	710	0	0	0	0	0	0
FIN	Evento de Fin	90											
DISEÑAR 3D	Tarea	71	71	240	240	240	17040	0	0	0	0	0	0

Recursos

Recurso	Uso	Costo fijo total	Costo unitario total	Costo total
Estudiante	89.44%	0	0	0

Uso De Laboratorio

Nombre	Tipo	Instancias completadas	Instancias iniciadas	Tiempo mínimo (m)	Tiempo máximo (m)	Tiempo promedio (m)	Tiempo total (m)	Tiempo mínimo esperando recursos (m)	Tiempo máximo esperando recursos (m)	Tiempo promedio esperando recursos (m)	Desviación estandar esperando recursos (m)	Tiempo total esperando recursos (m)	Costo fijo total
USO DE LABORATORIO	Proceso	90	91	45	85	77.44444444	6970					0	0
NoneStart	Evento de inicio	91											
REDACTAR SOLICITUD DE USO DE LABORATORIO	Tarea	90	91	25	25	25	2250	0	0	0	0	0	0
ANALIZAR SOLICITUD	Tarea	90	90	20	20	20	1800	0	0	0	0	0	0
¿SE AUTORIZA EL USO?	Compuerta	90	90										
FIN	Evento de Fin	12											
RECIBIR AUTORIZACIÓN	Tarea	78	78	10	10	10	780	0	0	0	0	0	0
INGRESAR AL LABORATORIO	Tarea	78	78	5	5	5	390	0	0	0	0	0	0
SOLICITAR MÁQUINA	Tarea	78	78	10	10	10	780	0	0	0	0	0	0
VERIFICAR MATERIALES Y HERRAMIENTAS	Tarea	78	78	5	5	5	390	0	0	0	0	0	0
¿LA MÁQUINA ESTÁ HABILITADA PARA EL TRABAJO?	Compuerta	78	78										
PREPARAR INICIO	Tarea	58	58	10	10	10	580	0	0	0	0	0	0
FIN	Evento de Fin	58											
FIN	Evento de Fin	20											

Recursos

	Uso	Costo fijo total	Costo unitario total	Costo total
Estudiante	11.97%	0	0	0
Director de carrera	4.17%	0	375	375

Maquinado

Nombre	Tipo	Instancias completadas	Instancias iniciadas	Tiempo mínimo (m)	Tiempo máximo (m)	Tiempo promedio (m)	Tiempo total (m)	Tiempo mínimo esperando recursos (m)	Tiempo máximo esperando recursos (m)	Tiempo promedio esperando recursos (m)	Desviación estandar esperando recursos (m)	Tiempo total esperando recursos (m)	Costo fijo total
MAQUINADO	Proceso	90	91	15	286	232.81111111	20953					0	0
INICIO	Evento de inicio	91											
SELECCIONAR MATERIA PRIMA	Tarea	90	91	10	10	10	900	0	0	0	0	0	0
VERIFICAR DIMENSIONES	Tarea	90	90	5	5	5	450	0	0	0	0	0	0
FIN	Evento de Fin	11											
¿CUMPLE CON LAS CONDICIONES REQUERIDAS POR LA MÁQUINA?	Compuerta	90	90										
COLOCACIÓN DE MATERIA PRIMA EN MÁQUINA	Tarea	79	79	5	5	5	395	0	0	0	0	0	0
ABRIR SOFTWARE DE DISEÑO 3D	Tarea	79	79	5	5	5	395	0	0	0	0	0	0
CARGAR ARCHIVO EN CPU	Tarea	79	79	5	5	5	395	0	0	0	0	0	0
¿SE NECESITA REALIZAR ALGUNA CONFIGURACIÓN ADICIONAL?	Compuerta	79	79										
CONFIGURAR GEOMETRÍA	Tarea	57	57	15	15	15	855	0	0	0	0	0	0
CONFIGURAR PARÁMETROS DE DESBASTE	Tarea	57	57	15	15	15	855	0	0	0	0	0	0
VERIFICAR CONFIGURACIONES	Tarea	79	79	3	3	3	237	0	0	0	0	0	0
¿ES NECESARIA LA GENERACIÓN DE CÓDIGO?	Compuerta	79	79										
GENERAR Y GUARDAR CÓDIGO	Tarea	17	17	5	5	5	85	0	0	0	0	0	0
CARGAR CÓDIGO EN SOFTWARE DE MÁQUINA	Tarea	17	17	5	5	5	85	0	0	0	0	0	0
INICIAR MAQUINADO	Tarea	79	79	180	180	180	14220	0	0	0	0	0	0
FINALIZAR MAQUINADO. ABRIR TAPA	Tarea	79	79	1	1	1	79	0	0	0	0	0	0
LIMPIEZA SUPERFICIAL	Tarea	79	79	1	1	1	79	0	0	0	0	0	0

¿EL MODELO TENÍA SUJECIÓN?	Compuerta	79	79										
RETIRAR SUJECCIONES	Tarea	27	27	3	3	3	81	0	0	0	0	0	0
RETIRAR MODELO TERMINADO	Tarea	79	79	1	1	1	79	0	0	0	0	0	0
VERIFICAR DIMENSIONES	Tarea	79	79	5	5	5	395	0	0	0	0	0	0
VERIFICAR GEOMETRÍA	Tarea	79	79	5	5	5	395	0	0	0	0	0	0
VERIFICAR ACABADO SUPERFICIAL	Tarea	79	79	2	2	2	158	0	0	0	0	0	0
¿SE ACEPTA EL PROTOTIPO?	Compuerta	79	79										
ACEPTAR PROTOTIPO	Tarea	54	54	5	5	5	270	0	0	0	0	0	0
FIN	Evento de Fin	79											
RECHAZAR PROTOTIPO	Tarea	25	25	5	5	5	125	0	0	0	0	0	0
FIJAR A BASE	Tarea	42	42	10	10	10	420	0	0	0	0	0	0
¿EL ELEMENTO NECESITA SER FIJADO A LA BASE?	Compuerta	79	79										

Recursos

Recurso	Uso	Costo fijo total	Costo unitario total	Costo total
Estudiante	48.50%	0	0	0

ANEXO B
TABLAS DE CÁLCULOS DE SIMULACIÓN
PROPUESTA

Verificar Factibilidad de Fabricación

Nombre	Tipo	Instancias completadas	Instancias iniciadas	Tiempo mínimo (m)	Tiempo máximo (m)	Tiempo promedio (m)	Tiempo total (m)	Tiempo mínimo esperando recursos (m)	Tiempo máximo esperando recursos (m)	Tiempo promedio esperando recursos (m)	Desviación estandar esperando recursos (m)	Tiempo total esperando recursos (m)	Costo fijo total
VERIFICAR FACTIBILIDAD DE FABRICACIÓN	Proceso	90	91	25	45	43.66666667	3930					0	0
Fin	Evento de Fin	84											
Fin	Evento de Fin	6											
Inicio	Evento de inicio	91											
Analizar dimensionalmente	Tarea	90	90	15	15	15	1350	0	0	0	0	0	0
Escoger el desarrollo de un prototipo compuesto	Tarea	15	15	5	5	5	75	0	0	0	0	0	0
Analizar geométricamente	Tarea	84	84	15	15	15	1260	0	0	0	0	0	0
Escoger el desarrollo de un prototipo simple	Tarea	69	69	5	5	5	345	0	0	0	0	0	0
¿El prototipo esta compuesto por mas de un elemento?	Compuerta	84	84										
¿El prototipo cumple con las restricciones dimensionales de la maquina?	Compuerta	90	90										
Receptar idea o diseño	Tarea	90	91	10	10	10	900	0	0	0	0	0	0

Recursos

Recurso	Uso	Costo fijo total	Costo unitario total	Costo total
Estudiante	9.10%	0	0	0
Ayudante de laboratorio	0.00%	0	0	0
Director de carrera	0.00%	0	0	0

Análisis de Condiciones Particulares

Nombre	Tipo	Instancias completadas	Instancias iniciadas	Tiempo mínimo (m)	Tiempo máximo (m)	Tiempo promedio (m)	Tiempo total (m)	Tiempo mínimo esperando recursos (m)	Tiempo máximo esperando recursos (m)	Tiempo promedio esperando recursos (m)	Desviación estandar esperando recursos (m)	Tiempo total esperando recursos (m)	Costo fijo total
ANALISIS DE CONDICIONES PARTICULARES	Proceso	90	91	5	15	6.444444444	580					0	0
¿Se tiene la capacidad de cumplir con la condición?	Compuerta	13	13										
Rechazar diseño	Tarea	8	8	5	5	5	40	0	0	0	0	0	0
Fin	Evento de Fin	8											
Inicio	Evento de inicio	91											
¿Existe condición particular en el diseño?	Compuerta	91	91										
Analizar la condición particular	Tarea	13	13	10	10	10	130	0	0	0	0	0	0
Aceptar el diseño	Tarea	82	83	5	5	5	410	0	0	0	0	0	0
Fin	Evento de Fin	82											

Recursos

Recurso	Uso	Costo fijo total	Costo unitario total	Costo total
Estudiante	1.34%	0	0	0
Ayudante de laboratorio	0.00%	0	0	0
Director de carrera	0.00%	0	0	0

Modelado

Nombre	Tipo	Instancias completadas	Instancias iniciadas	Tiempo mínimo (m)	Tiempo máximo (m)	Tiempo promedio (m)	Tiempo total (m)	Tiempo mínimo esperando recursos (m)	Tiempo máximo esperando recursos (m)	Tiempo promedio esperando recursos (m)	Desviación estandar esperando recursos (m)	Tiempo total esperando recursos (m)	Costo fijo total
MODELADO	Proceso	91	91	0	300	37.36263736	3400					0	0
¿El diseño satisface lo requerido?	Compuerta	12	12										
Asesorar en diseño 3D	Tarea	2	2	20	20	20	40	0	0	0	0	0	0
¿El diseño satisface lo requerido?	Compuerta	2	2										
¿El usuario posee un diseño 3d en formato digital?	Compuerta	91	91										
Inicio	Evento de inicio	91											
Fin	Evento de Fin	91											
DISEÑAR 3D ASISTIDO POR COMP.	Tarea	12	12	280	280	280	3360	0	0	0	0	0	0

Recursos

Recurso	Uso	Costo fijo total	Costo unitario total	Costo total
Estudiante	7.78%	0	0	0
Ayudante de laboratorio	0.09%	0	2.6466667	2.6466667

Solicitud de Uso de Laboratorio

Nombre	Tipo	Instancias completadas	Instancias iniciadas	Tiempo mínimo (m)	Tiempo máximo (m)	Tiempo promedio (m)	Tiempo total (m)	Tiempo mínimo esperando recursos (m)	Tiempo máximo esperando recursos (m)	Tiempo promedio esperando recursos (m)	Desviación estandar esperando recursos (m)	Tiempo total esperando recursos (m)	Costo fijo total
SOLICITUD DE USO DE LABORATORIO	Proceso	90	91	35	40	39.16666667	3525					0	0
Inicio	Evento de inicio	91											
Elaborar y enviar solicitud de uso	Tarea	90	91	10	10	10	900	0	0	0	0	0	0
Revisar plan de trabajo	Tarea	90	90	20	20	20	1800	0	0	0	0	0	0
¿Se autoriza el uso de laboratorio?	Compuerta	90	90										
Autorizar ingreso	Tarea	75	75	5	5	5	375	0	0	0	0	0	0
Denegar ingreso	Tarea	15	15	5	5	5	75	0	0	0	0	0	0
Fin	Evento de Fin	15											
Ingresar al laboratorio	Tarea	75	75	5	5	5	375	0	0	0	0	0	0
Fin	Evento de Fin	75											

Recursos

Recurso	Uso	Costo fijo total	Costo unitario total	Costo total
Estudiante	2.95%	0	0	0
Director de carrera	5.21%	0	468.75	468.75

Selección

Nombre	Tipo	Instancias completadas	Instancias iniciadas	Tiempo mínimo (m)	Tiempo máximo (m)	Tiempo promedio (m)	Tiempo total (m)	Tiempo mínimo esperando recursos (m)	Tiempo máximo esperando recursos (m)	Tiempo promedio esperando recursos (m)	Desviación estandar esperando recursos (m)	Tiempo total esperando recursos (m)	Costo fijo total
SELECCIÓN	Proceso	90	91	10	35	15.11111111	1360					0	0
¿Se necesita asesoría en la selección de maquina?	Compuerta	91	91										
¿Se realizará el proceso de escaneo?	Compuerta	104	104										
Inicio	Evento de inicio	91											
¿El prototipo será maquinado en termopastico ?	Compuerta	86	86										
Seleccionar de maquina	Tarea	104	104	5	5	5	520	0	0	0	0	0	0
¿El prototipo requiere de mas elementos a ser maquinados?	Compuerta	29	29										
Seleccionar fresadora CNC	Tarea	29	29	5	5	5	145	0	0	0	0	0	0
Fin	Evento de Fin	15											
Seleccionar impresora 3D	Tarea	57	57	5	5	5	285	0	0	0	0	0	0
Fin	Evento de Fin	18											
Fin	Evento de Fin	57											
Seleccionar escaner	Tarea	18	18	5	5	5	90	0	0	0	0	0	0
Asesorar en selección de equipo	Tarea	64	65	5	5	5	320	0	0	0	0	0	0

Recursos

Recurso	Uso	Costo fijo total	Costo unitario total	Costo total
Estudiante	2.41%	0	0	0
Ayudante de laboratorio	0.74%	0	21.173333	21.1733333

Ejecución

Nombre	Tipo	Instancias completadas	Instancias iniciadas	Tiempo mínimo (m)	Tiempo máximo (m)	Tiempo promedio (m)	Tiempo total (m)	Tiempo mínimo esperando recursos (m)	Tiempo máximo esperando recursos (m)	Tiempo promedio esperando recursos (m)	Desviación estandar esperando recursos (m)	Tiempo total esperando recursos (m)	Costo fijo total
EJECUCIÓN	Proceso	90	91	239	407	267.0222222	24032					0	0
Inicio	Evento de inicio	91											
¿Se realizará trabajo de escaneado?	Compuerta	91	91										
Preparar escaneado	Tarea	76	77	2	2	2	152	0	0	0	0	0	0
¿Se necesita asesoría en escaneado	Compuerta	76	76										
Asesorar en escaneado	Tarea	26	26	10	10	10	260	0	0	0	0	0	0
Preparar maquinado	Tarea	14	14	2	2	2	28	0	0	0	0	0	0
Escanear	Tarea	76	76	237	237	237	18012	0	0	0	0	0	0
¿Se necesita asesoría en maquinado?	Compuerta	14	14										
Asesorar en maquinado	Tarea	5	5	10	10	10	50	0	0	0	0	0	0
Fin	Evento de Fin	76											
Maquinar	Tarea	14	14	395	395	395	5530	0	0	0	0	0	0
Fin	Evento de Fin	14											

Recursos

Recurso	Uso	Costo fijo total	Costo unitario total	Costo total
Estudiante	54.91%	0	0	0
Ayudante de laboratorio	0.72%	0	20.511667	20.511667

Verificar Resultados

Nombre	Tipo	Instancias completadas	Instancias iniciadas	Tiempo mínimo (m)	Tiempo máximo (m)	Tiempo promedio (m)	Tiempo total (m)	Tiempo mínimo esperando recursos (m)	Tiempo máximo esperando recursos (m)	Tiempo promedio esperando recursos (m)	Desviación estandar esperando recursos (m)	Tiempo total esperando recursos (m)	Costo fijo total
VERIFICAR RESULTADOS	Proceso	90	91	33	38	34	3060					0	0
Asesorar en analisis de resultados	Tarea	18	18	5	5	5	90	0	0	0	0	0	0
Inicio	Evento de inicio	91											
Verificar dimensiones	Tarea	90	90	10	10	10	900	0	0	0	0	0	0
Analizar resultados	Tarea	90	91	10	10	10	900	0	0	0	0	0	0
¿Se necesita asesoría en el analisis de los resultados?	Compuerta	90	90										
Rechazar prototipo	Tarea	22	22	3	3	3	66	0	0	0	0	0	0
¿Se acepta el prototipo?	Compuerta	90	90										
Verificar acabado superficial	Tarea	90	90	10	10	10	900	0	0	0	0	0	0
Aceptar prototipo	Tarea	68	68	3	3	3	204	0	0	0	0	0	0
Fin	Evento de Fin	68											
Fin	Evento de Fin	22											

Recursos

Recurso	Uso	Costo fijo total	Costo unitario total	Costo total
Estudiante	6.88%	0	0	0
Ayudante de laboratorio	0.21%	0	5.955	5.955

Ensamblar y Entregar

Nombre	Tipo	Instancias completadas	Instancias iniciadas	Tiempo mínimo (m)	Tiempo máximo (m)	Tiempo promedio (m)	Tiempo total (m)	Tiempo mínimo esperando recursos (m)	Tiempo máximo esperando recursos (m)	Tiempo promedio esperando recursos (m)	Desviación estandar esperando recursos (m)	Tiempo total esperando recursos (m)	Costo fijo total
ENSAMBLAR Y ENTREGAR	Proceso	90	91	5	215	34.77777778	3130					0	0
Analizar elementos de sujeción	Tarea	35	35	15	15	15	525	0	0	0	0	0	0
Inicio	Evento de inicio	91											
Analizar geometría	Tarea	35	35	10	10	10	350	0	0	0	0	0	0
¿El prototipo cuenta con mas de un elemento?	Compuerta	91	91										
¿El ensamblaje es exitoso?	Compuerta	35	35										
Reunir los elementos individuales	Tarea	35	35	10	10	10	350	0	0	0	0	0	0
Pulir superficie para acabado final	Tarea	27	27	15	15	15	405	0	0	0	0	0	0
Entrega de prototipo terminado	Tarea	90	91	5	5	5	450	0	0	0	0	0	0
Ensamblar	Tarea	35	35	30	30	30	1050	0	0	0	0	0	0
Fin	Evento de Fin	90											

Recursos

Recurso	Uso	Costo fijo total	Costo unitario total	Costo total
Estudiante	7.25%	0	0	0

ANEXO C

MANUAL DE USO DE MAQUINAS DE LABORATORIO

SELECCIÓN DE MATERIA PRIMA

Las máquinas que conforman el área de prototipado del laboratorio de la Institución Educativa están limitadas en cuanto a la materia prima a usarse. Como se analizó en las restricciones por material de las máquinas, Capítulo 3, los materiales metálicos no son aptos para maquinado, con excepción de las aleaciones blandas de aluminio.

El laboratorio debe contar con un stock de materiales para garantizar que no se interrumpa el desarrollo del prototipo por falta de insumos, los mismo que incluyen:

- Polímeros.
- Nylon.
- Madera.
- Termoplástico FDA.

Para el desarrollo del modelo de estudio planteado en el Capítulo 3, se seleccionó madera de balsa para la fresadora, y termoplástico FDA para la impresora 3D. En el caso del escáner se usarán los modelos terminados en las anteriores máquinas.

USO DE LA FRESADORA CNC

Una vez se tenga la pieza modelada en el programa CAD, en este caso el Autodesk Inventor, se procede a ingresar en la pestaña correspondiente al Inventor CAM.

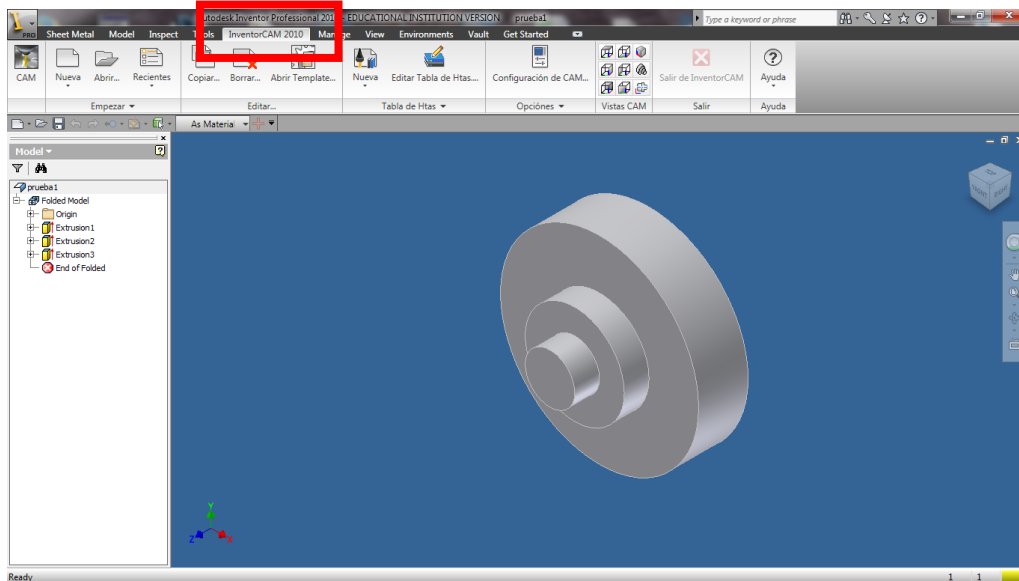


Ilustración 1 Maquinado Fresadora – Selección de software Inventor CAM

Antes de ingresar se debe guardar el archivo para proceder con la configuración del maquinado. Se puede seleccionar el nombre y la ubicación para guardar dicho modelo.

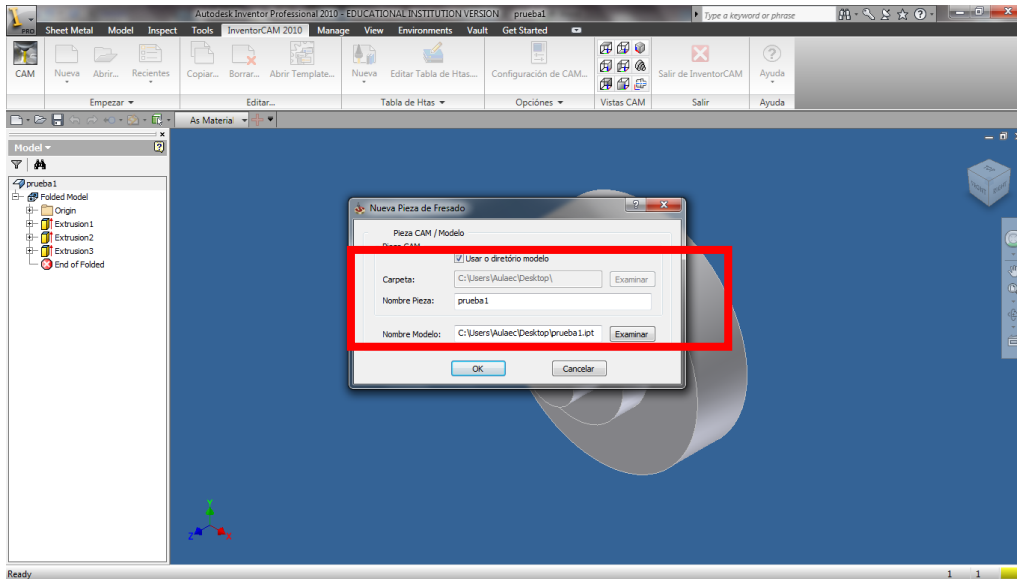


Ilustración 2 Maquinado Fresadora CNC – Selección de nombre y guardado

Automáticamente la primera ventana emergente pide algunos parámetros básicos, se comienza definiendo el origen.

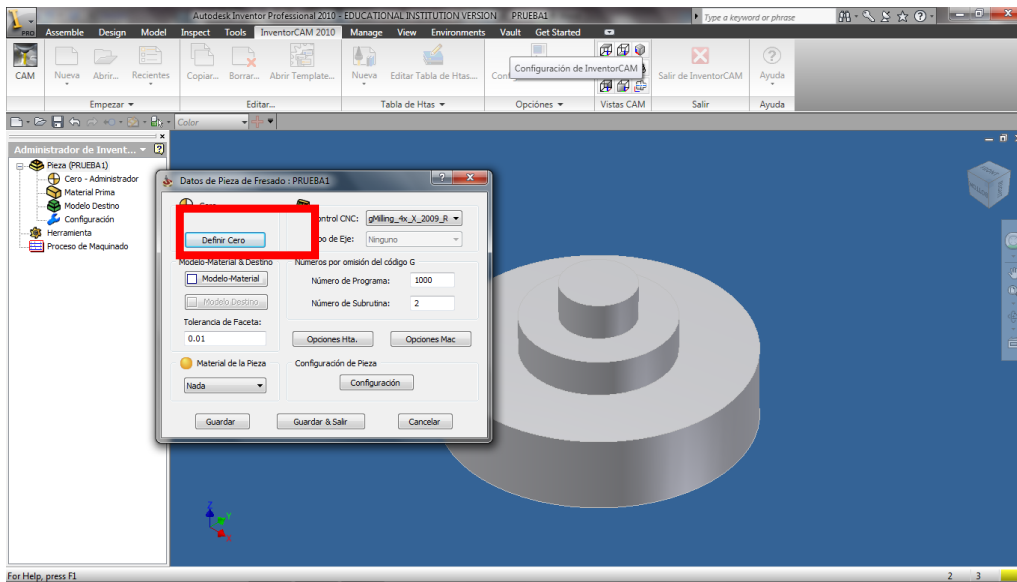


Ilustración 3 Maquinado Fresadora CNC – Definir Cero

Es importante que el modelo inicial tenga referencias de los ejes para poder asignar al programa, en este caso al ser un modelo circular no dispone de lados o aristas, por esta razón se puede dibujar líneas referenciales y asignarse a los ejes solicitados.

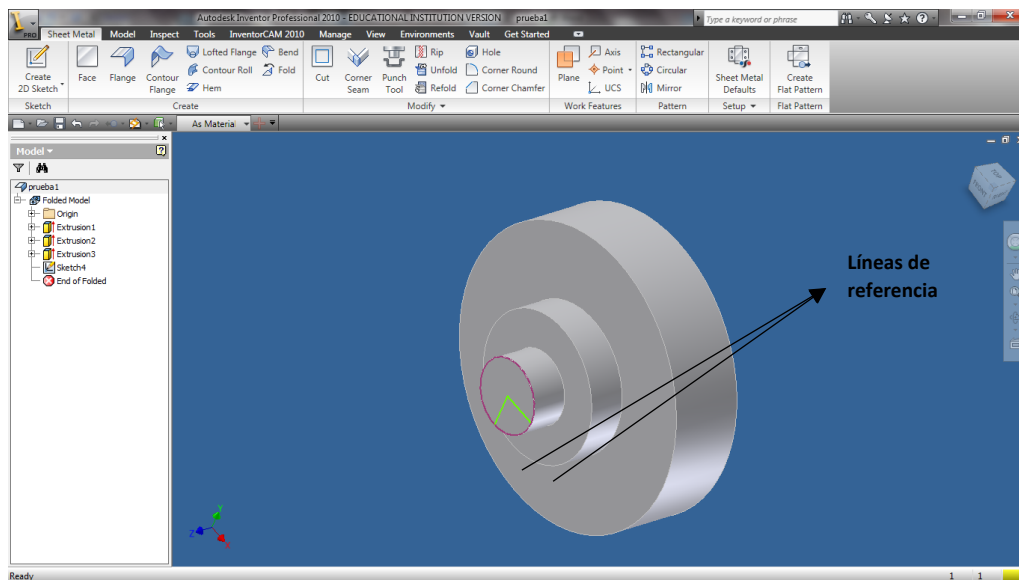


Ilustración 4 Maquinado Fresadora CNC – Dibujar líneas de referencia para ejes

Se selecciona definir, y se toma como origen el centro del eje, y las líneas de referencia para asignar los ejes X y Y. Es importante que el eje Z quede en sentido positivo (hacia arriba).

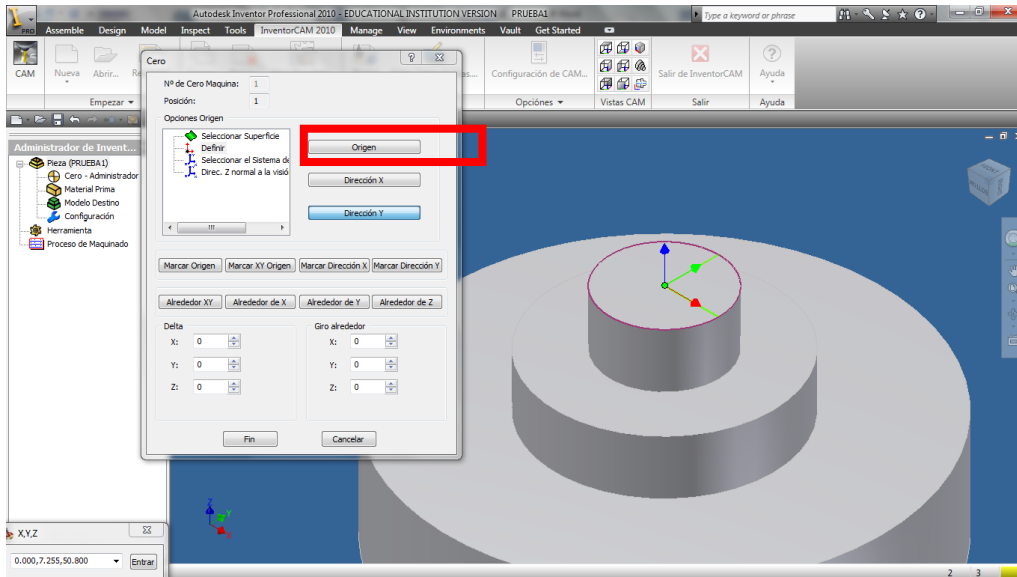


Ilustración 5 Maquinado Fresadora CNC – Selección de origen y ejes de referencia

Una vez se define el origen se deben definir los niveles. En este caso los niveles superior e inferior. Se seleccionan dando clic en el plano deseado, en este caso las caras superior e inferior.

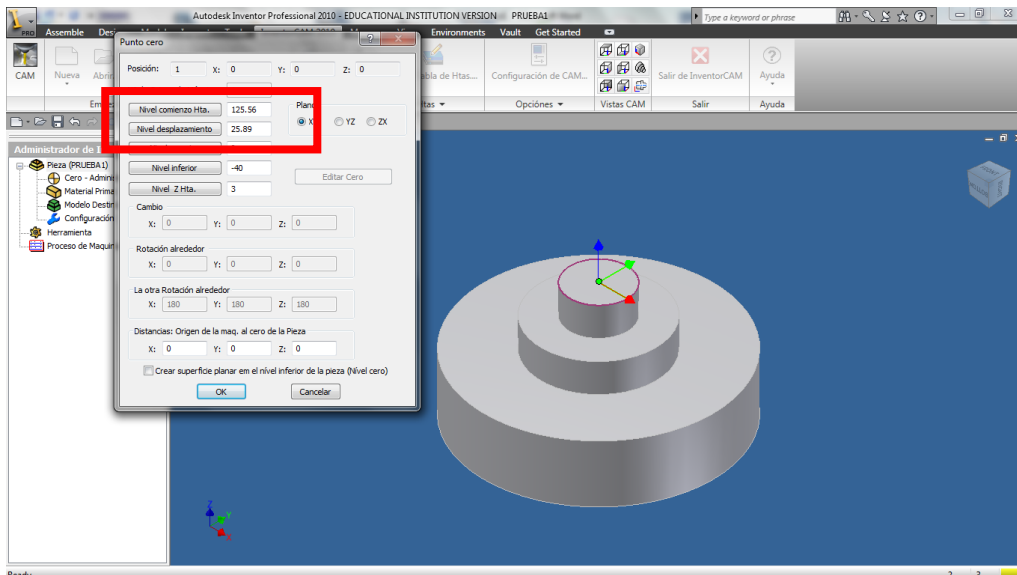


Ilustración 6 Maquinado Fresadora CNC – Definir niveles

A continuación, se define el modelo a usarse, simulando el sólido sin maquinar y el resultado final.

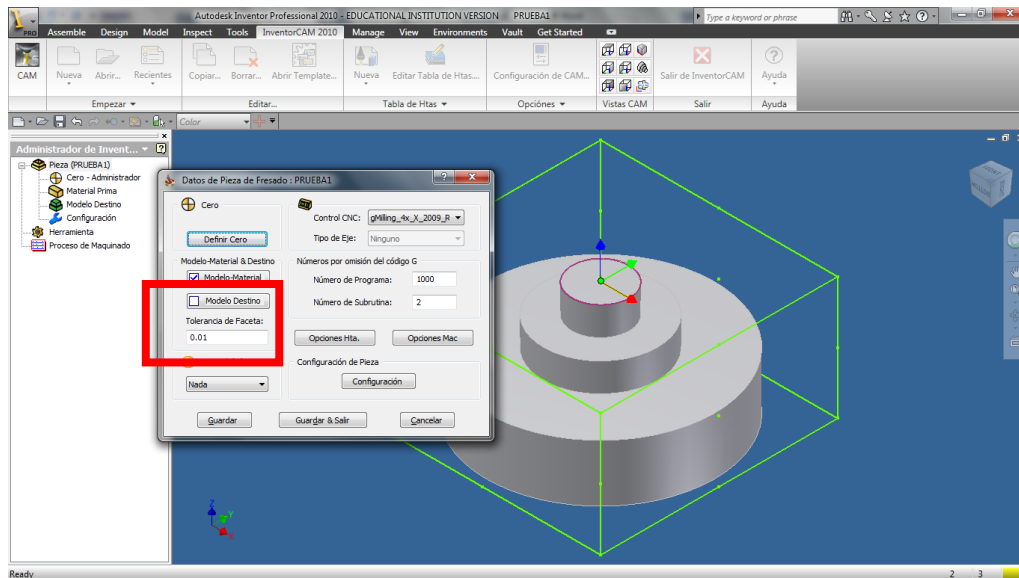


Ilustración 7 Maquinado Fresadora CNC – Definir Modelo y Material

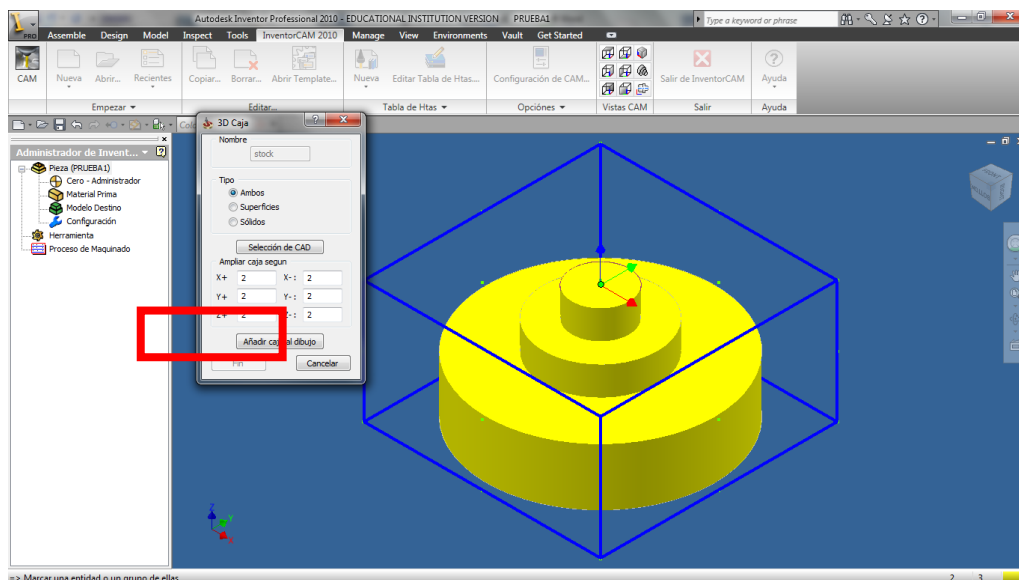


Ilustración 8 Maquinado Fresadora CNC – Configuración de modelo 3D

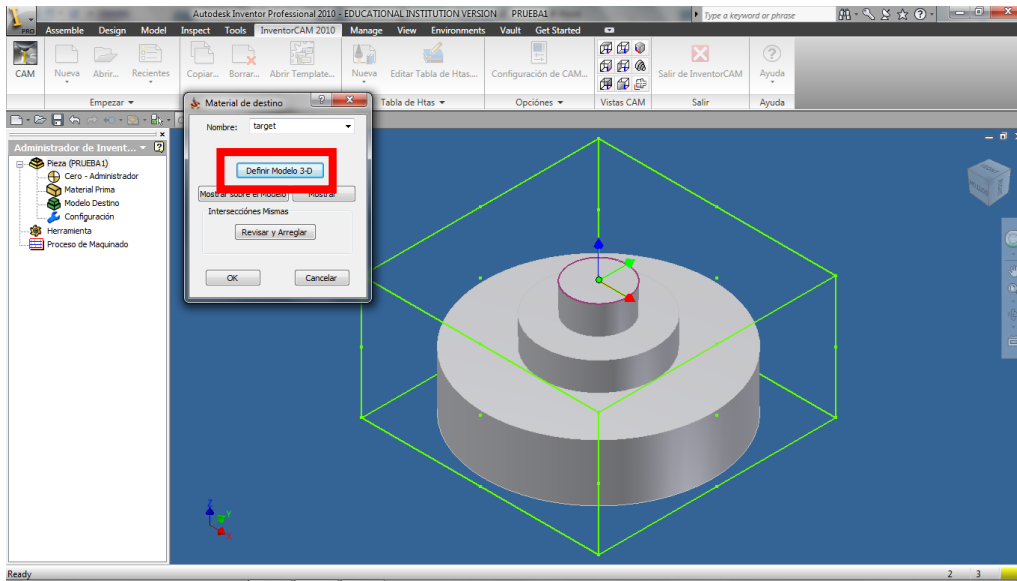


Ilustración 9 Maquinado Fresadora CNC – Configuración de modelo 3D

Se puede seleccionar el botón mostrar para observar cómo va a quedar el modelo.

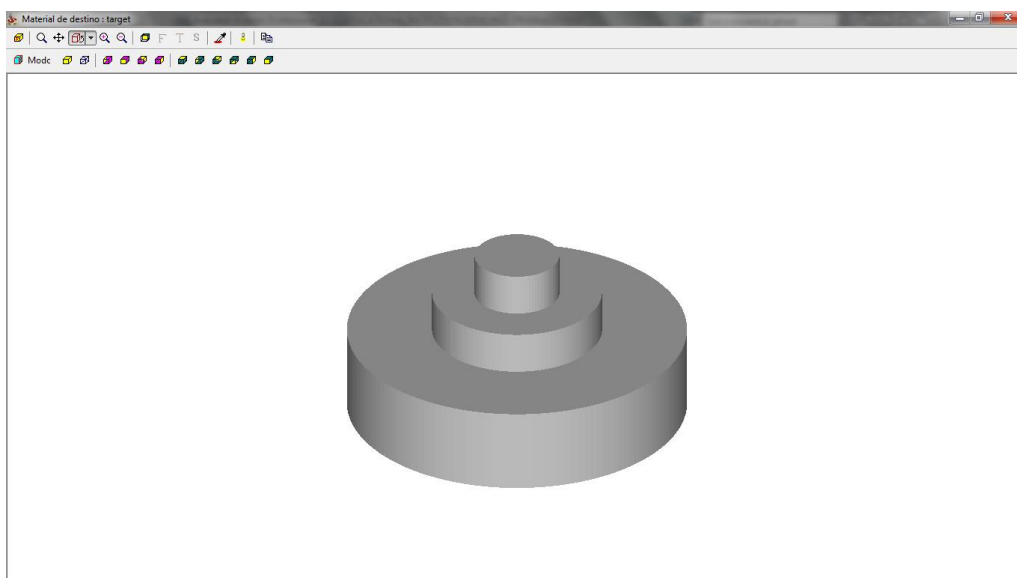


Ilustración 10 Maquinado Fresadora CNC – Vista preliminar de modelo a maquinar

Una vez se definen todos los parámetros principales, se deben agregar las tareas que deben realizarse para maquinar el modelo en cuestión. Con un clic derecho sobre el icono de tareas se despliega un menú donde se hace clic en añadir para desplegar las diversas tareas posibles.

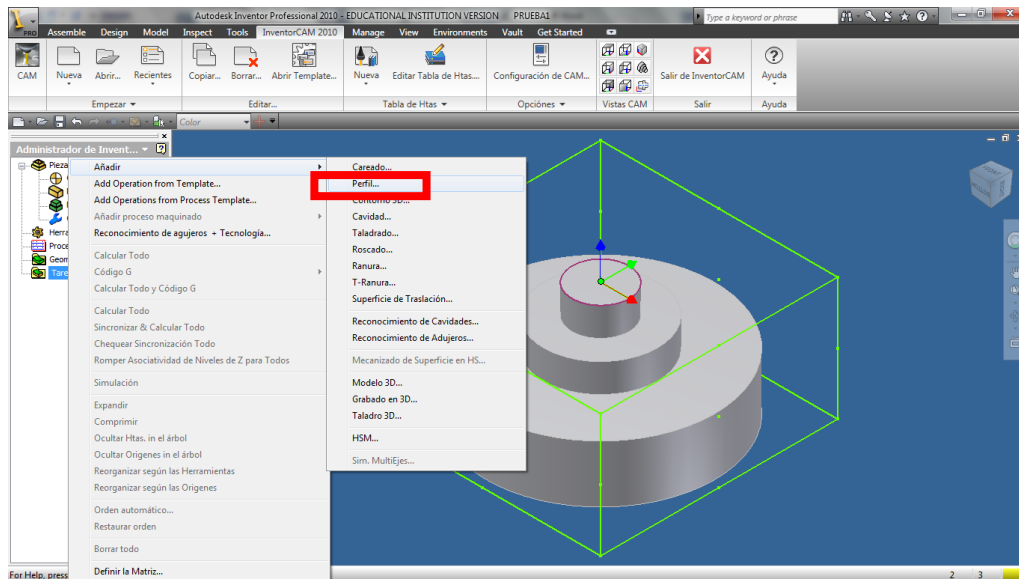


Ilustración 11 Maquinado Fresadora CNC – Añadir tarea perfil

Existen muchas opciones, ya que dependiendo de la complejidad del modelo es necesario realizar diversas actividades. Es importante tener una idea de las tareas que puedan usarse, para esto es necesaria ayuda del encargado de laboratorio con el propósito de saber elegir las tareas correctas, así como su cantidad. Para el ejemplo en cuestión se tienen 3 tareas de perfil.

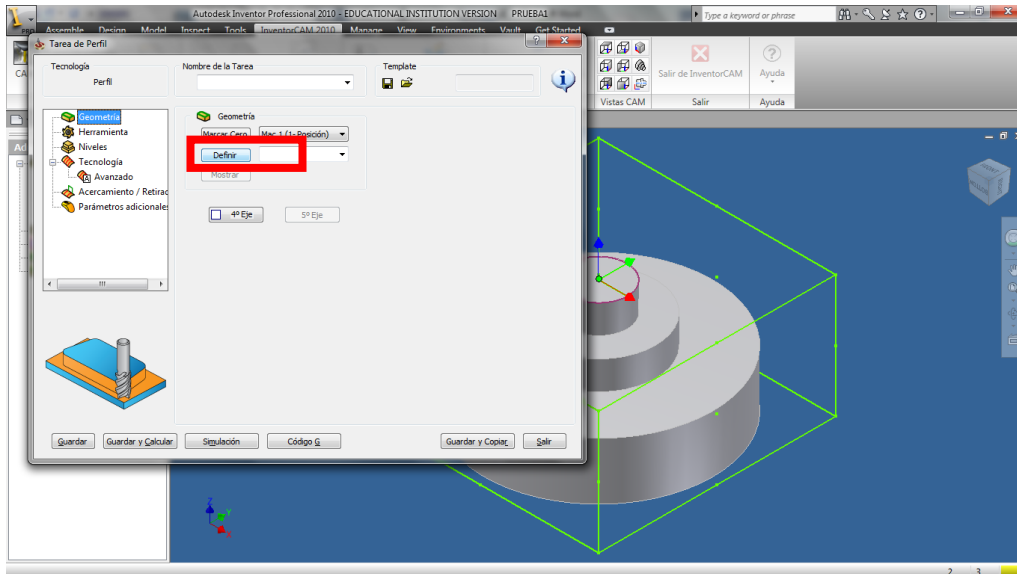


Ilustración 12 Maquinado Fresadora CNC – Definir Geometría

Lo primero que se define en la nueva tarea es la geometría, en este caso se debe seleccionar la circunferencia.

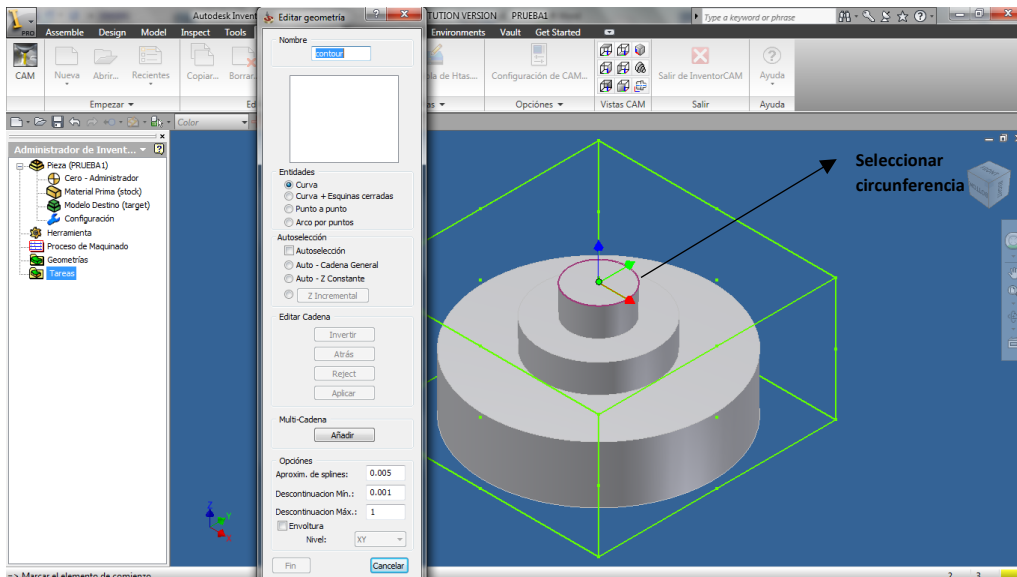


Ilustración 13 Maquinado Fresadora CNC – Selección de circunferencia para perfil

Para definir la herramienta a usarse es necesario primero verificar físicamente la herramienta en el laboratorio, además de esto analizar la herramienta según el trabajo a realizarse.

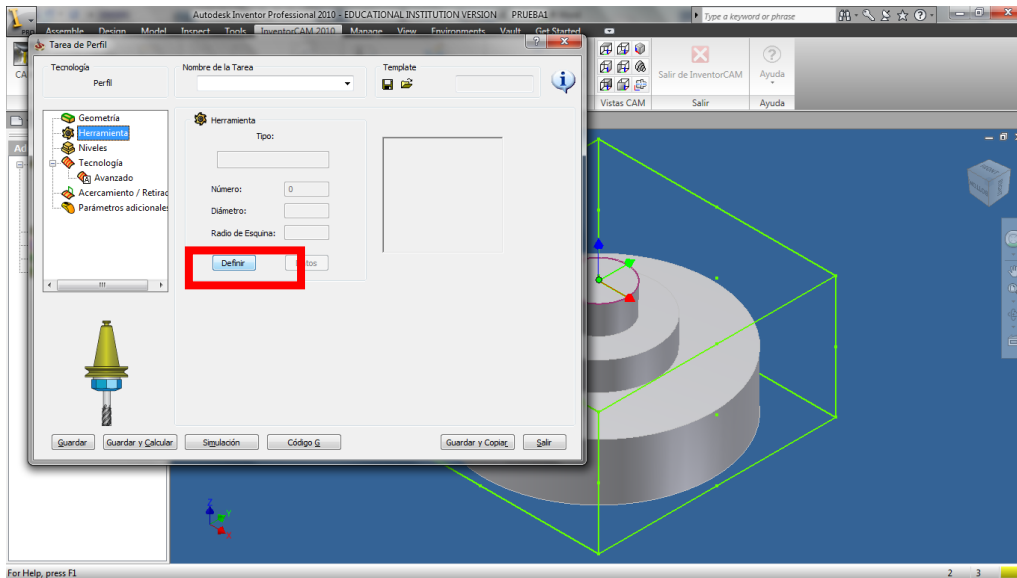


Ilustración 14 Maquinado Fresadora CNC – Definir herramienta

Se debe añadir la herramienta desde un listado.

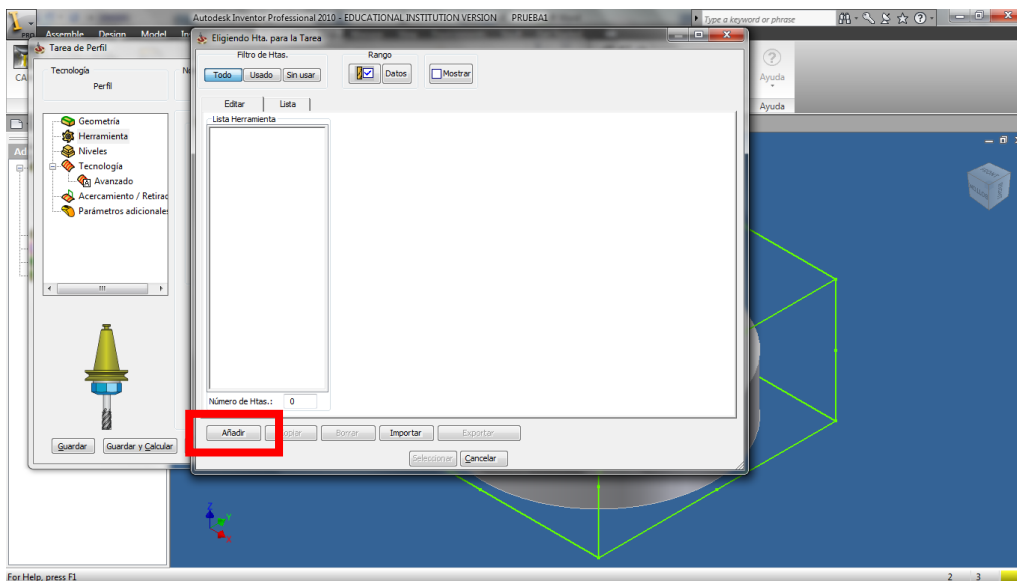


Ilustración 15 Maquinado Fresadora CNC – Añadir herramienta desde listado

Finalmente se selecciona, en este caso la fresa vertical, la cual posteriormente se puede configurar, en la pestaña opciones por omisión, el avance en los ejes y la velocidad de giro.

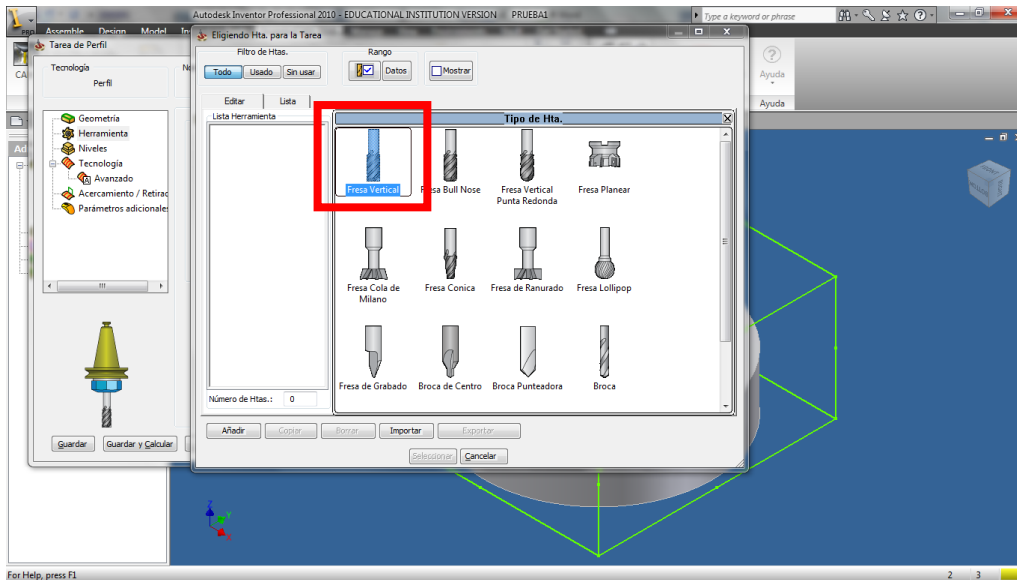


Ilustración 16 Maquinado Fresadora CNC – Selección de tipo de fresa

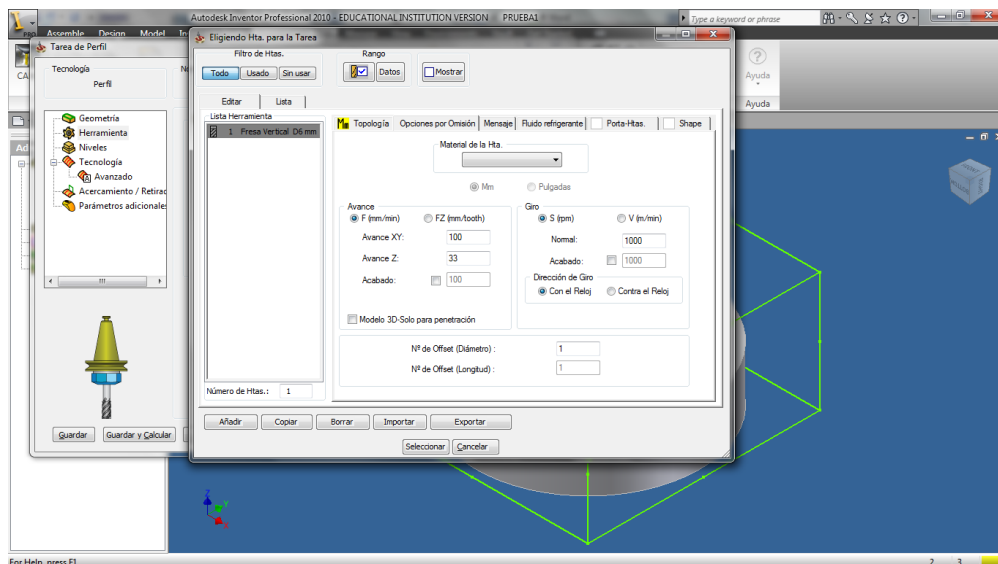


Ilustración 17 Maquinado Fresadora CNC – Definir avances en ejes y velocidades de giro

Las tareas también deben estar definidas en sus niveles. El presente ejemplo presenta 3 tareas, así como también 3 diferentes rangos de niveles a considerar. La definición de estos se debe realizar de manera individual y tomando como referencia los planos del modelo del nivel superior e inferior.

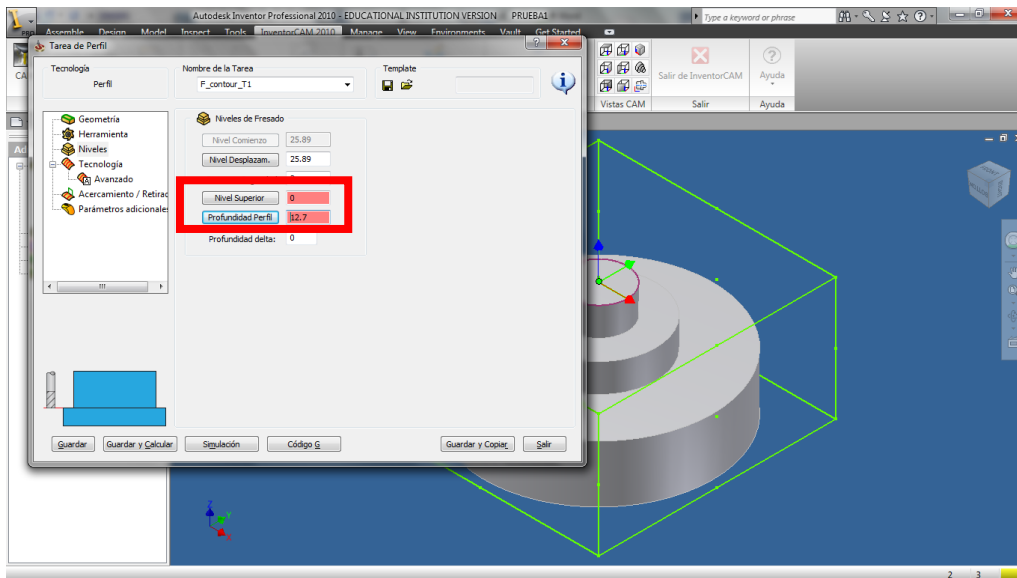


Ilustración 18 Maquinado Fresadora CNC – Definir niveles para tarea

En el parametro tecnologia se debe verificar si el lado de la herramienta es el correcto haciendo clic en el boton geometria.

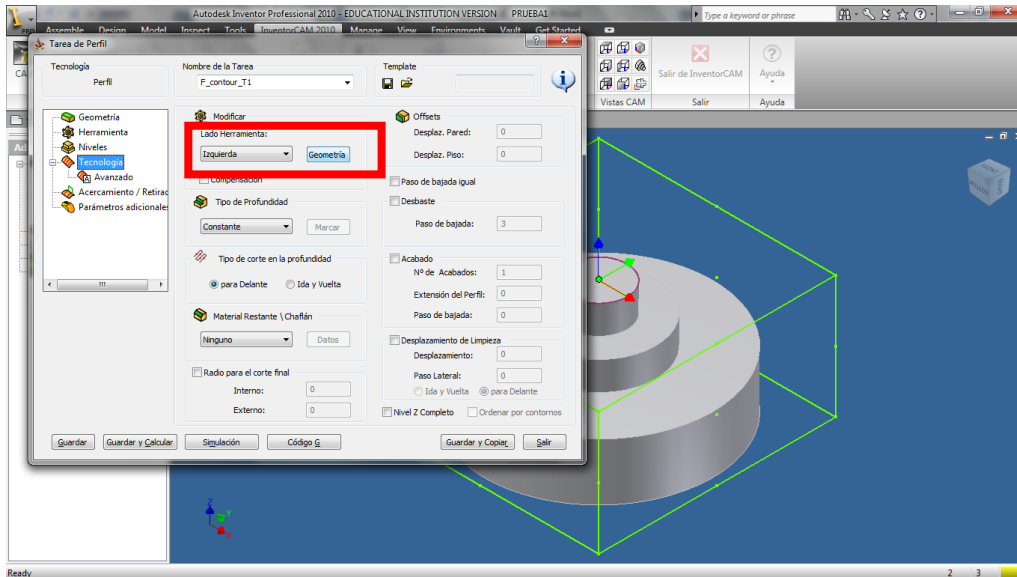


Ilustración 19 Maquinado Fresadora CNC – Definir ubicación de herramienta

Para el presente ejemplo la herramienta debe estar por fuera del contorno definido, así que seleccionamos que la herramienta esté en el lado derecho.

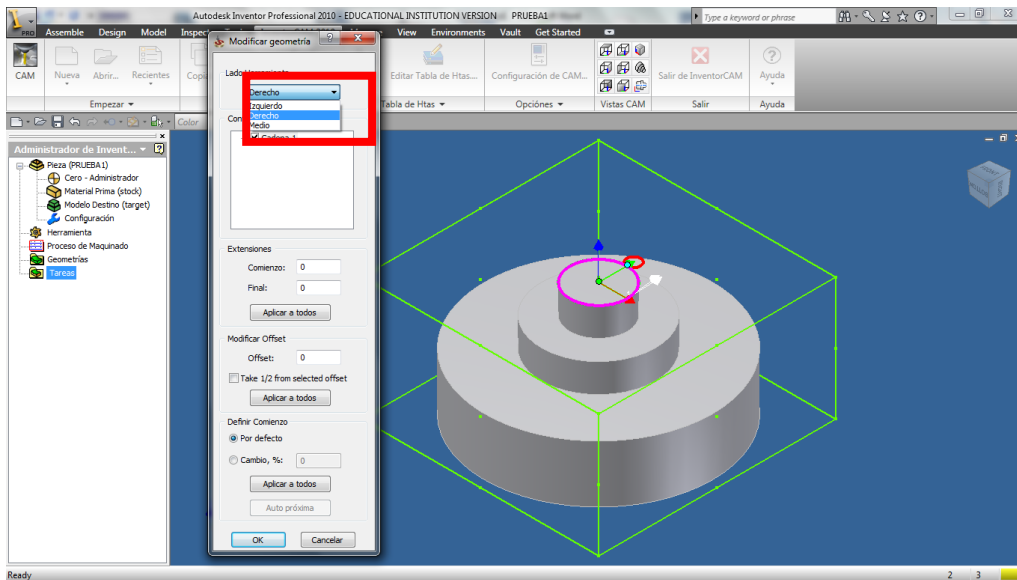


Ilustración 20 Maquinado Fresadora CNC – Definir ubicación externa para herramienta

Se debe activar la opción desbaste, y configurar el paso de bajada. Este número depende del material, ya que un avance muy largo puede producir fallas en el maquinado o ruptura de la herramienta.

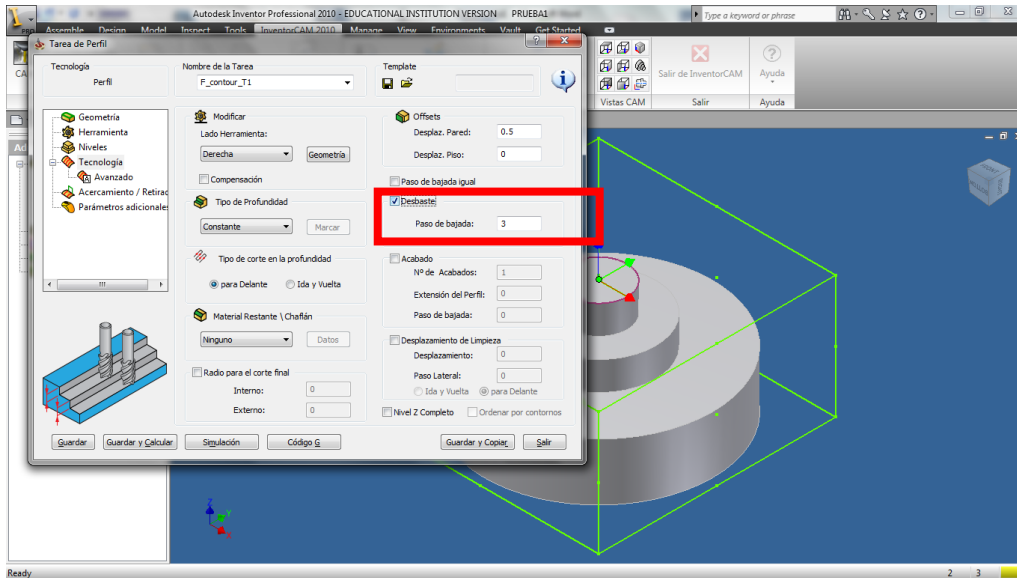


Ilustración 21 Maquinado Fresadora CNC – Definir longitud de desbaste

Finalmente se activa la opción de desplazamiento de limpieza, con el cual se puede realizar un desbaste mayor en el área de maquinado para tener el modelo mejor presentado.

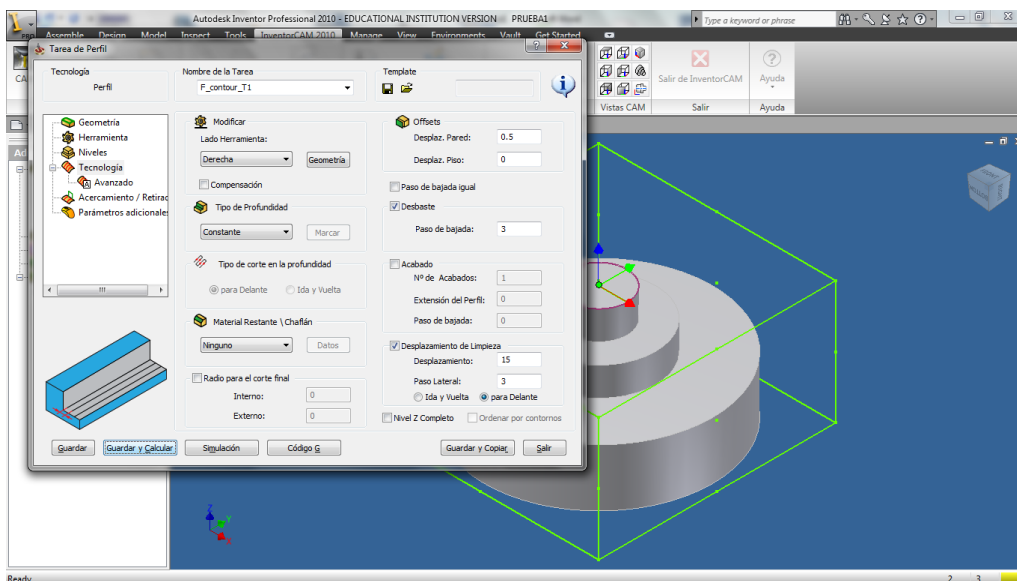


Ilustración 22 Maquinado Fresadora CNC – Definir longitud de desplazamiento de limpieza

A través de la opción simulación se puede verificar justamente la medida necesaria para el desplazamiento de limpieza.

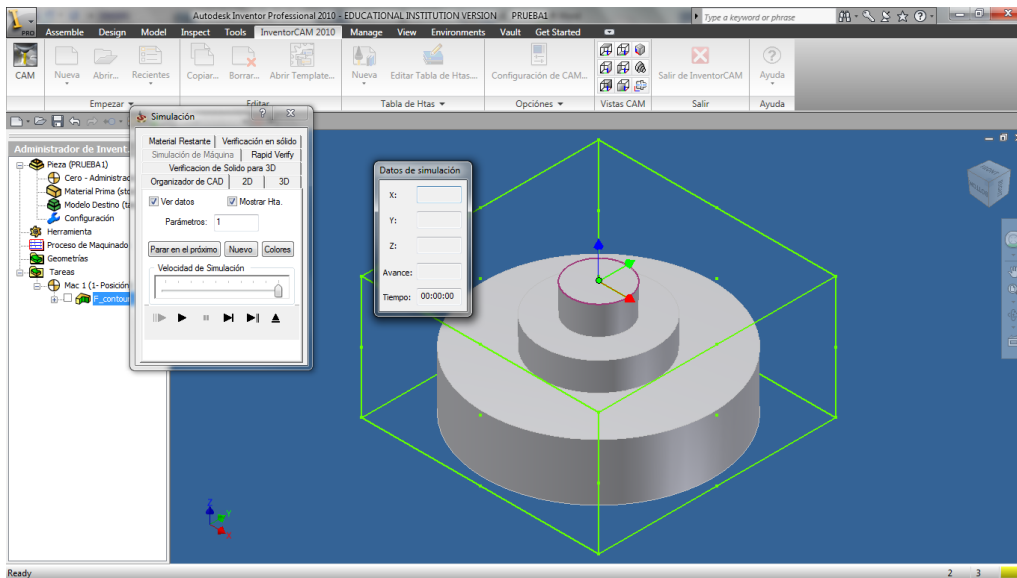


Ilustración 23 Maquinado Fresadora CNC – Opción de Simulación

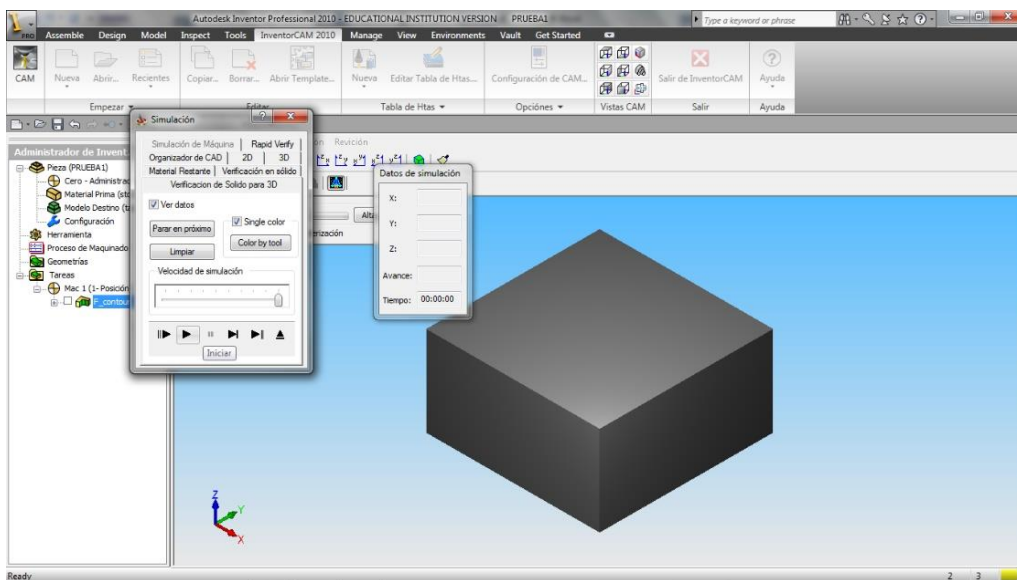


Ilustración 24 Maquinado Fresadora CNC – Verificación de sólido 3D

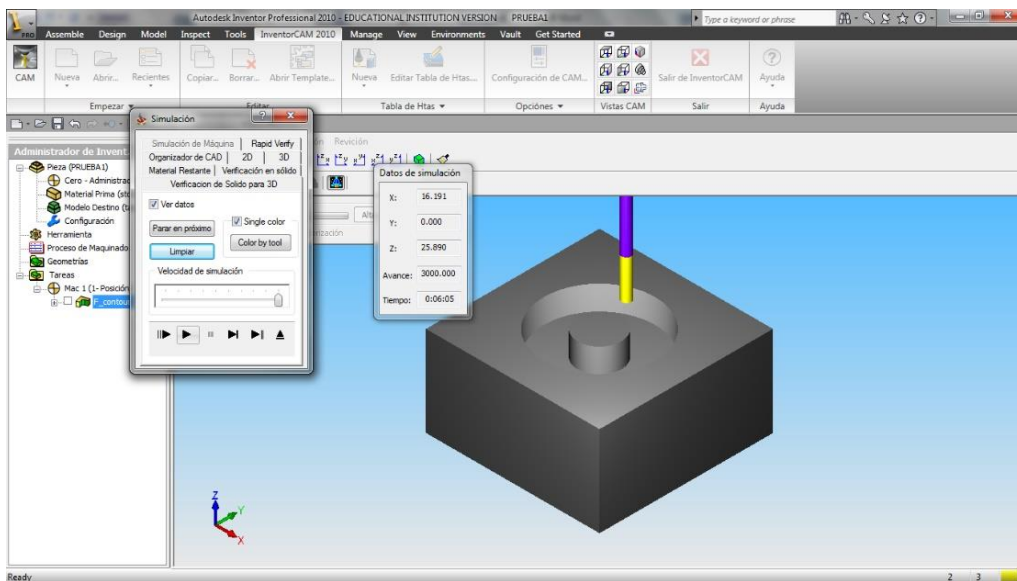


Ilustración 25 Maquinado Fresadora CNC – Comprobación de desplazamiento de limpieza

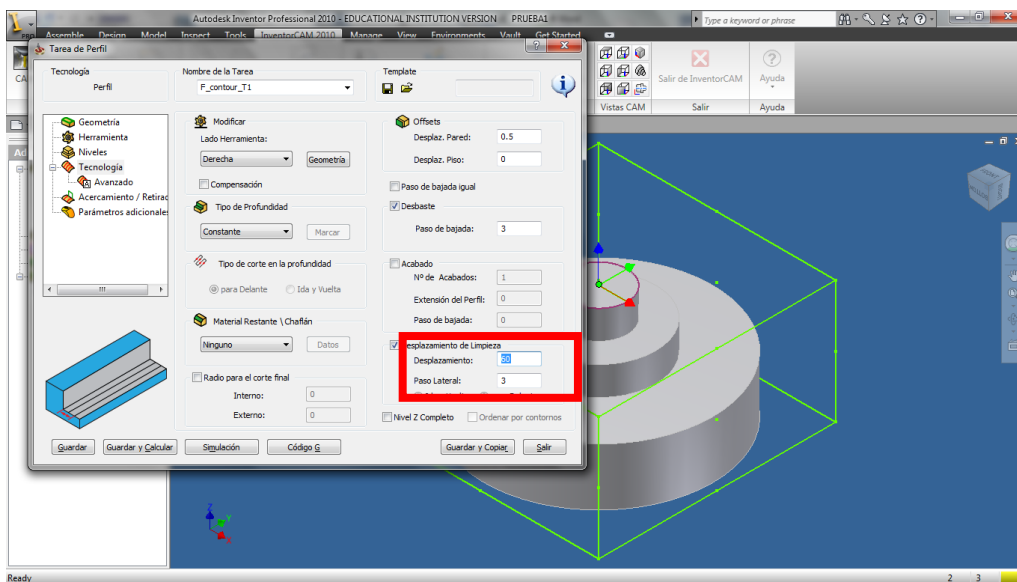


Ilustración 26 Maquinado Fresadora CNC – Ajuste de desplazamiento de limpieza

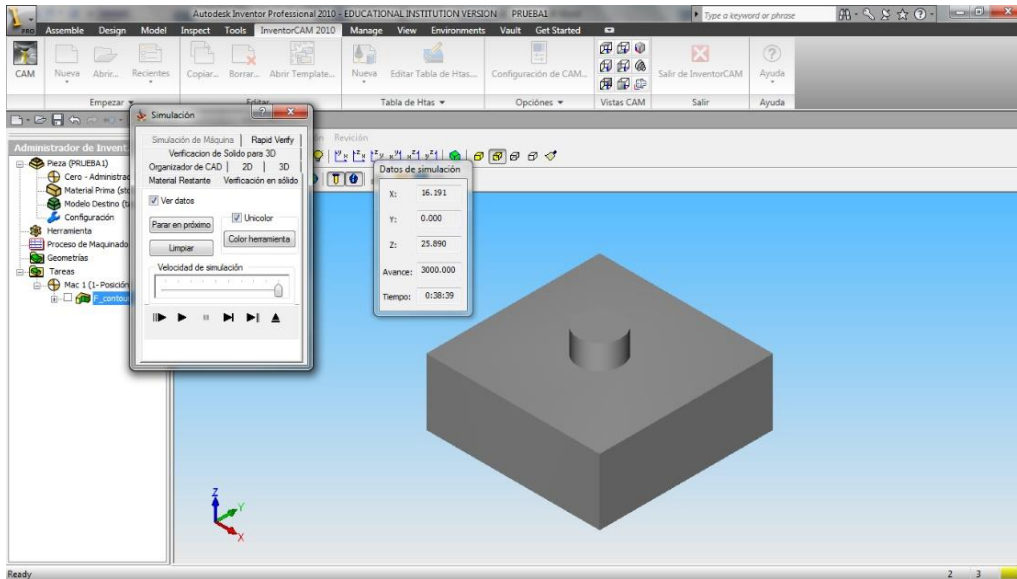


Ilustración 27 Maquinado Fresadora CNC – Simulación exitosa de tarea 1

Para las otras dos tareas se procede a realizar el mismo procedimiento, con excepción a la definición de niveles, ya que se deben tomar dependiendo de la tarea a realizarse.

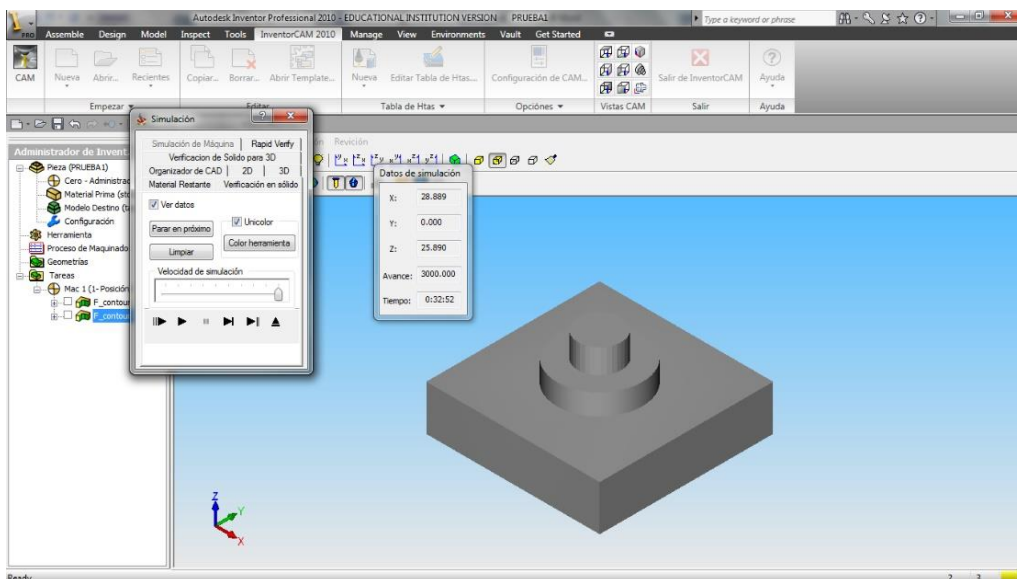


Ilustración 28 Maquinado Fresadora CNC – Simulación exitosa de tarea 2

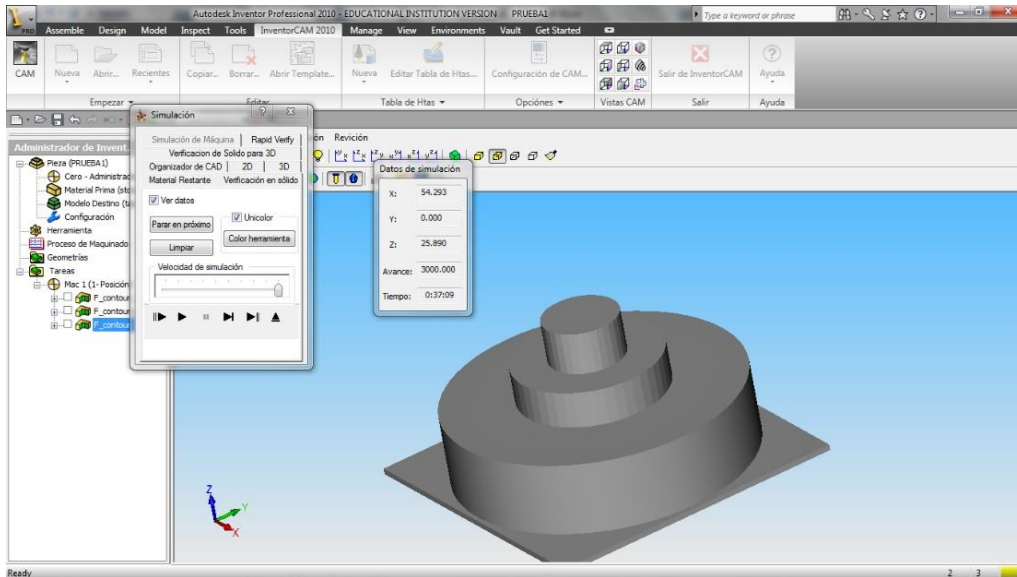


Ilustración 29 Maquinado Fresadora CNC – Simulación exitosa de tarea 3

Una vez se hayan configurado y calculado todas las tareas, se debe generar el código G. Se hace clic derecho en tareas, código, Generar.

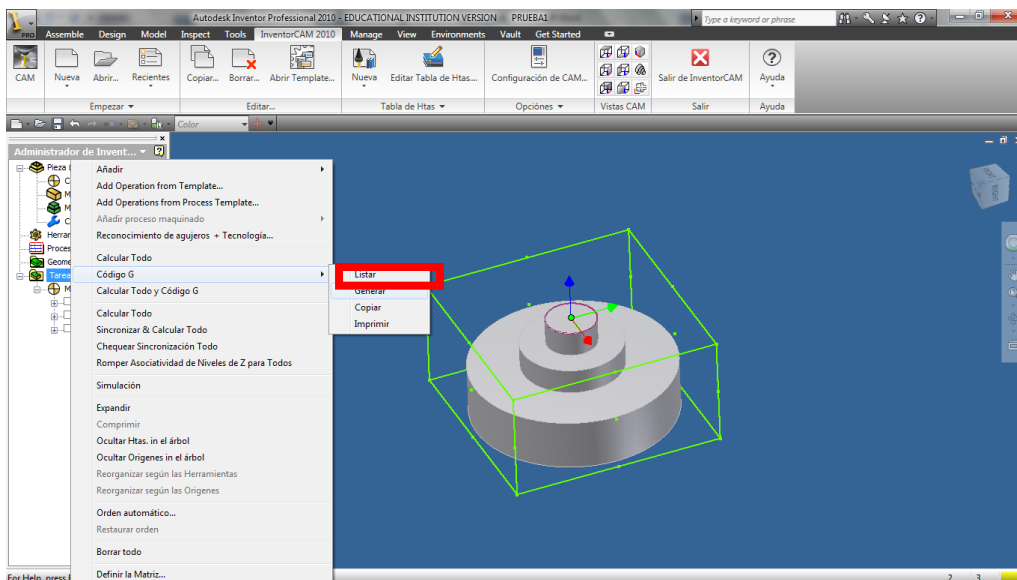


Ilustración 30 Maquinado Fresadora CNC – Generación de código G

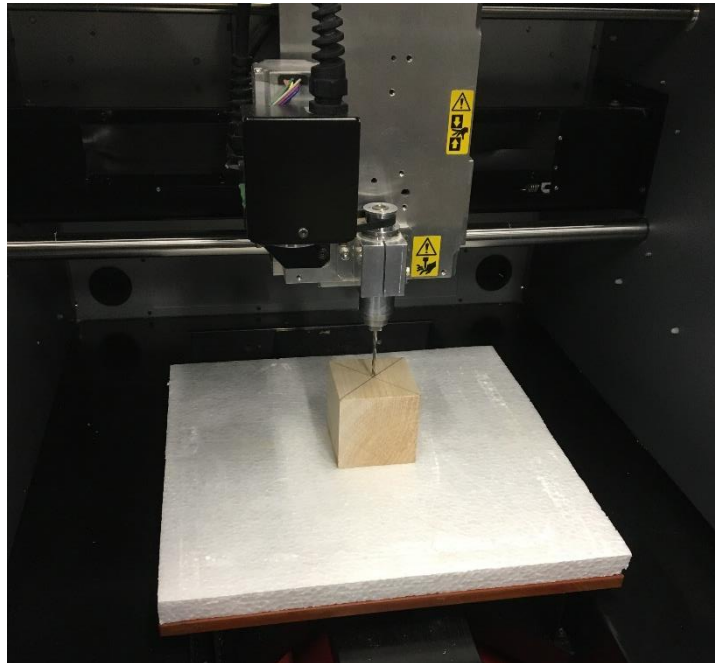


Ilustración 33 Maquinado Fresadora CNC – Centrado manual de herramienta

En el submenú SET, se debe fijar en la opción XYZ Origin, y luego hacer clic en Apply.

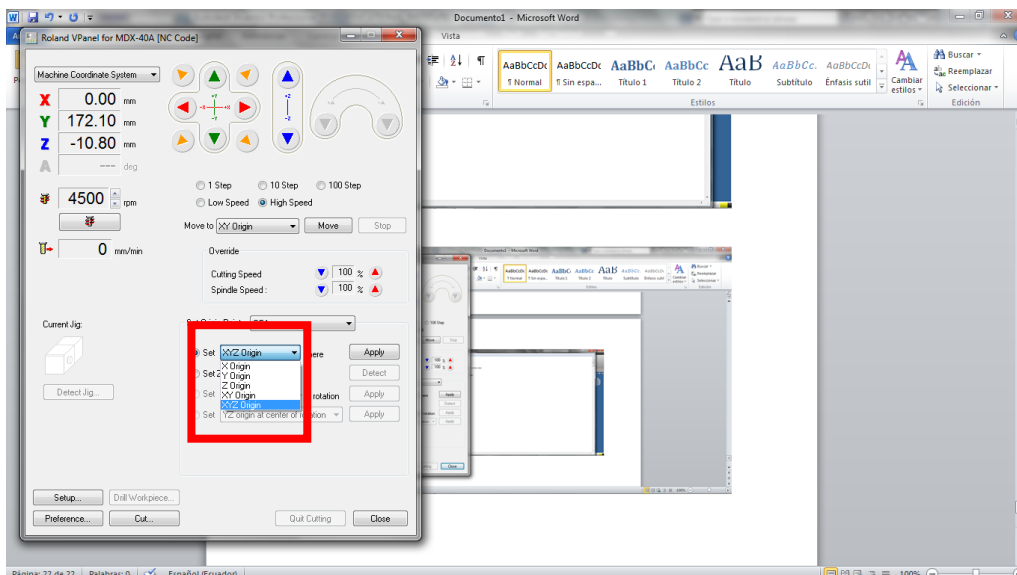


Ilustración 34 Maquinado Fresadora CNC – Definir punto de origen de herramienta

Una vez el punto de origen este completamente definido, se procede al maquinado a través de el botón CUT. Se debe agregar el archivo en bloc de notas que contienen el código G antes generado.

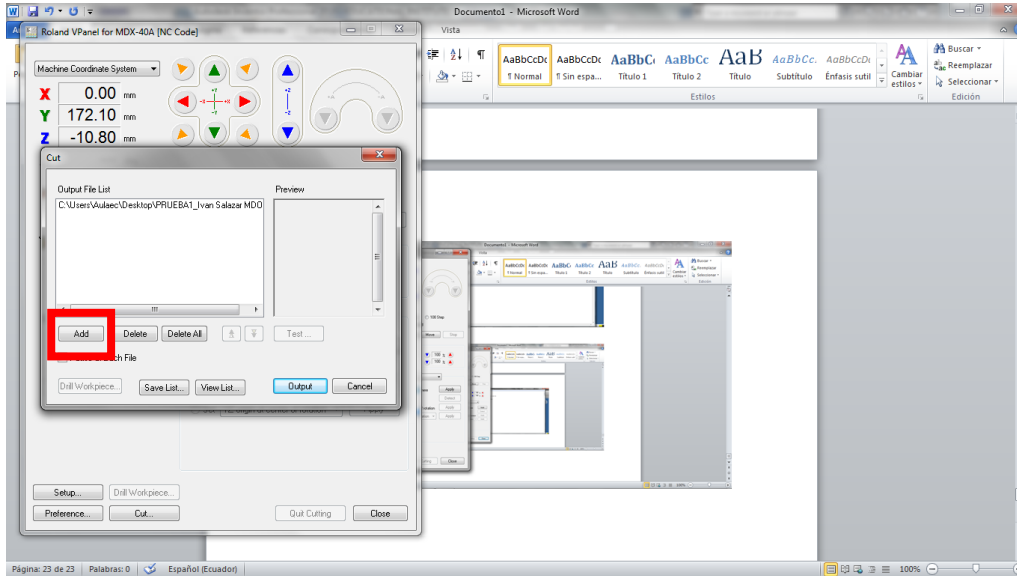


Ilustración 35 Maquinado Fresadora CNC – Agregar código G desde archivo

Finalmente, luego de agregar el archivo se procede al maquinado a través del botón test.

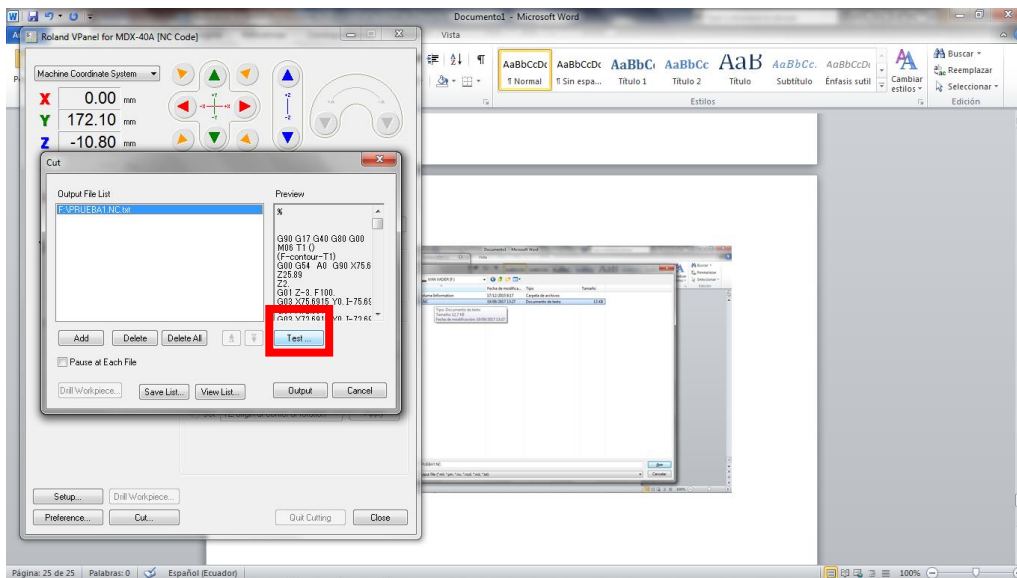


Ilustración 36 Maquinado Fresadora CNC – Inicio de prueba

Se hace clic en el botón Play para iniciar el maquinado. A partir de este momento la maquina trabajará automáticamente siguiendo las instrucciones del código G. Es importante estar pendiente del trabajo en todo momento, ya que puede ocurrir eventos que pueden afectar el prototipado, como es el caso de posibles movimientos del solido debido a una sujeción pobre a la mesa.

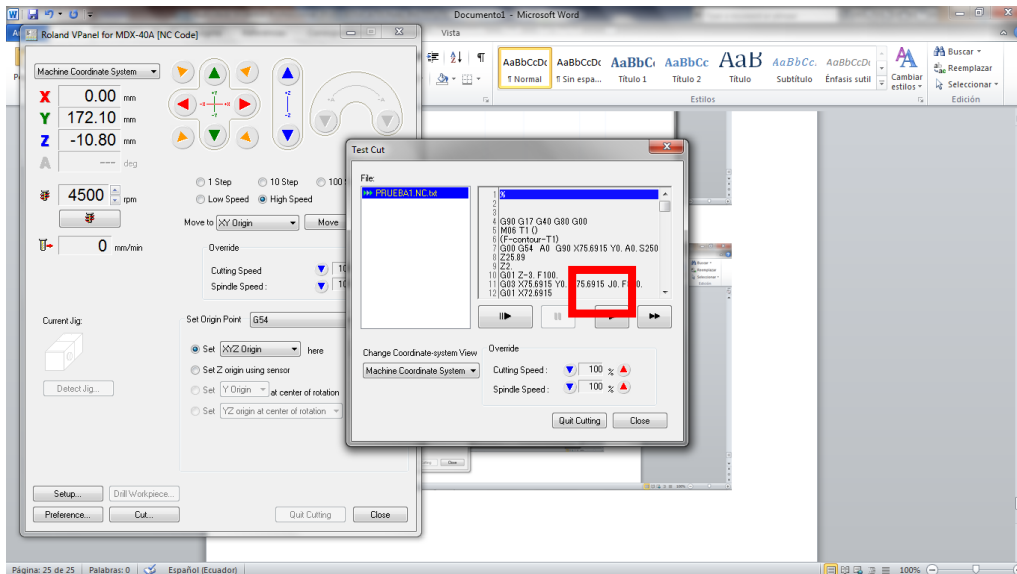


Ilustración 37 Maquinado Fresadora CNC – Inicio de maquinado

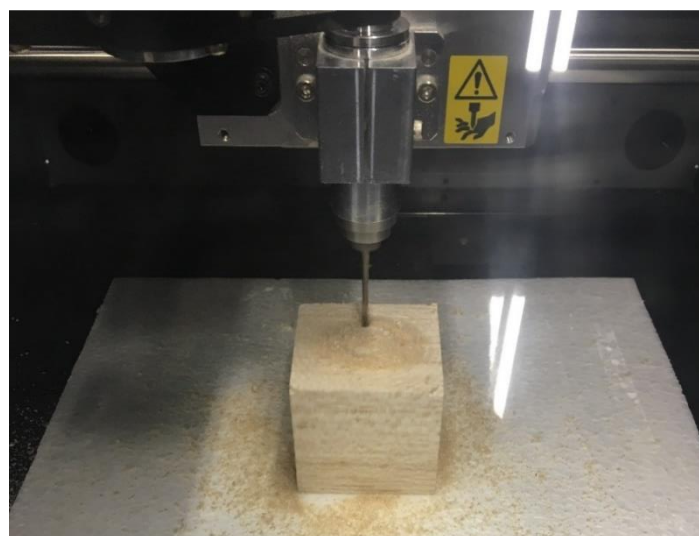


Ilustración 38 Maquinado Fresadora CNC – Inicio de maquinado



Ilustración 39 Maquinado Fresadora CNC – Avance en tareas de maquinado



Ilustración 40 Maquinado Fresadora CNC – Modelo terminado

USO DE IMPRESORA 3D

Una vez se tenga la pieza modelada en el programa CAD, en este caso Autodesk Inventor, se procede a ingresar a la pestaña señalada a continuación.

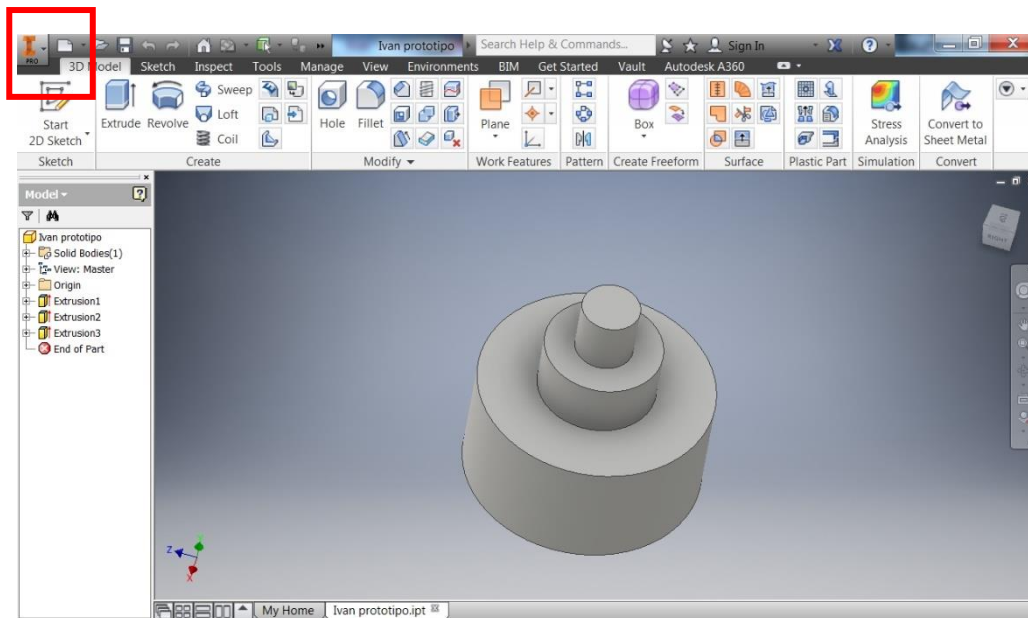


Ilustración 41 Pantalla principal

Se procede a guardar el archivo en formato .stl.

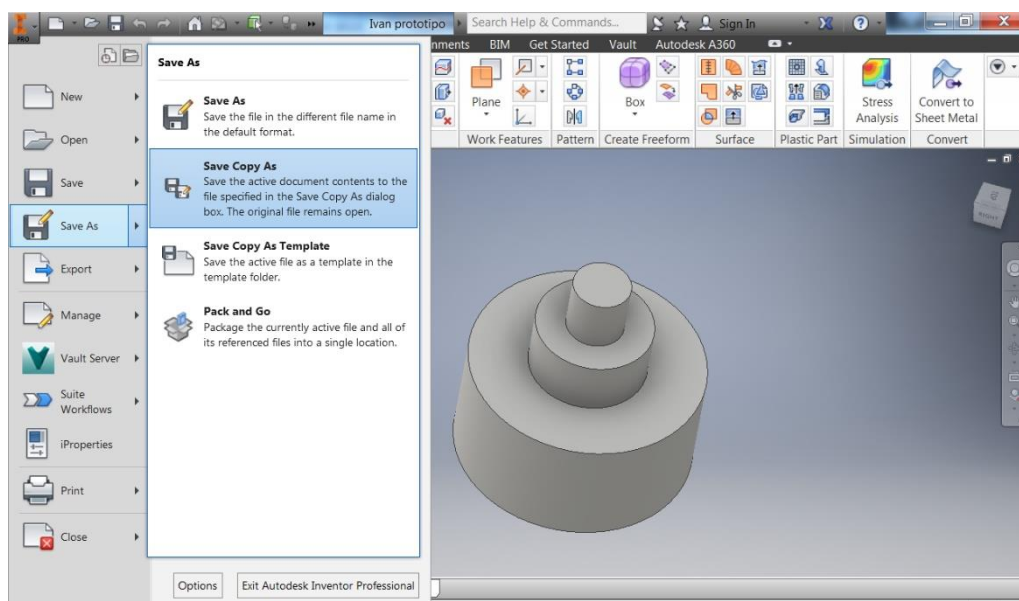


Ilustración 42 Guardar en formato .stl

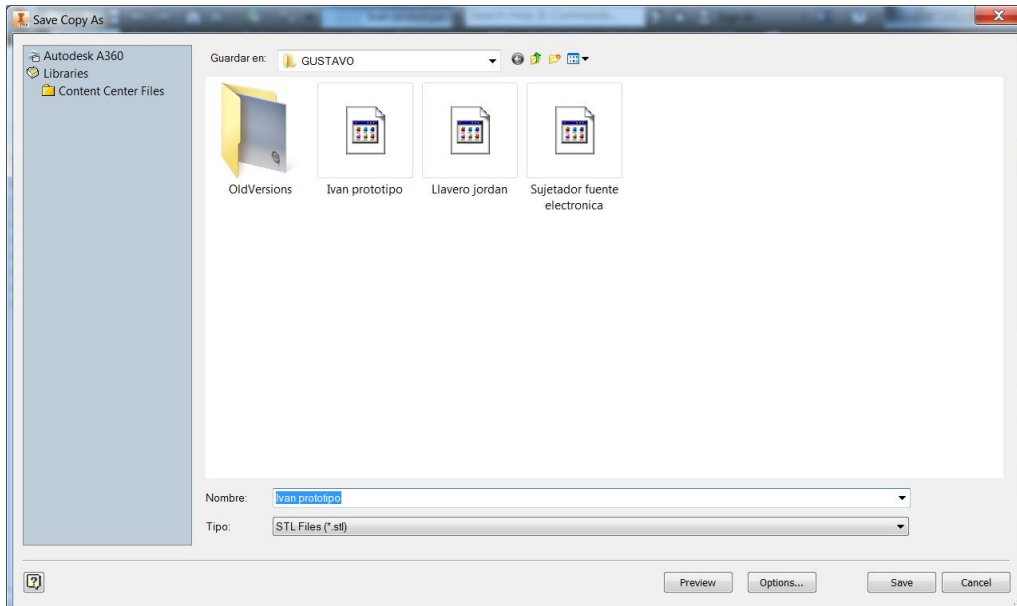


Ilustración 43 Procedimiento de guardado

Se busca el archivo en la carpeta donde se guardó y se lo abre en el programa Makerbot Desktop.

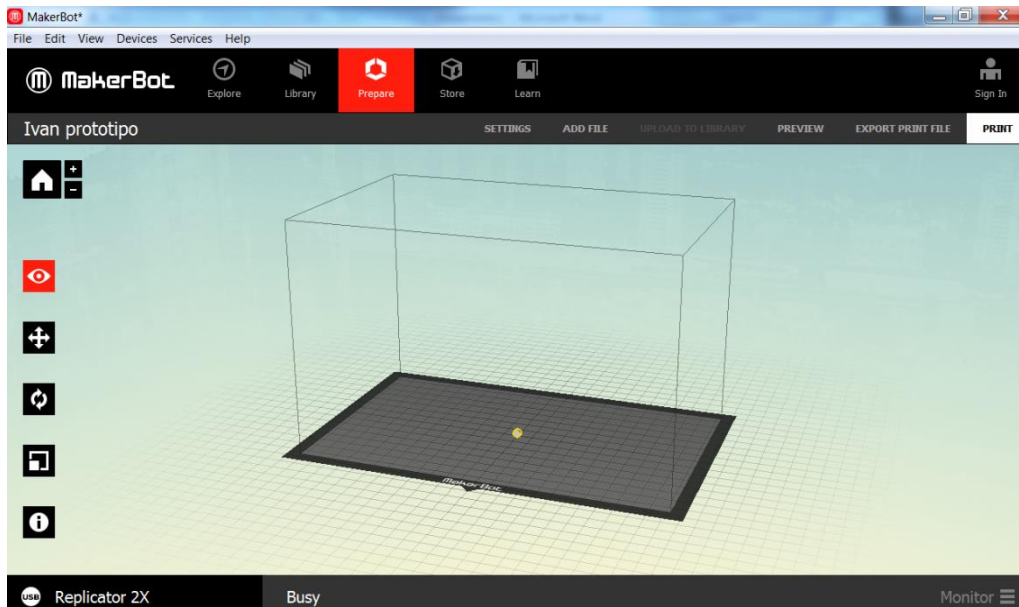


Ilustración 44 Abrir documento creado en Inventor CAM

Después de esto se procede a cambiar la escala dentro del programa.

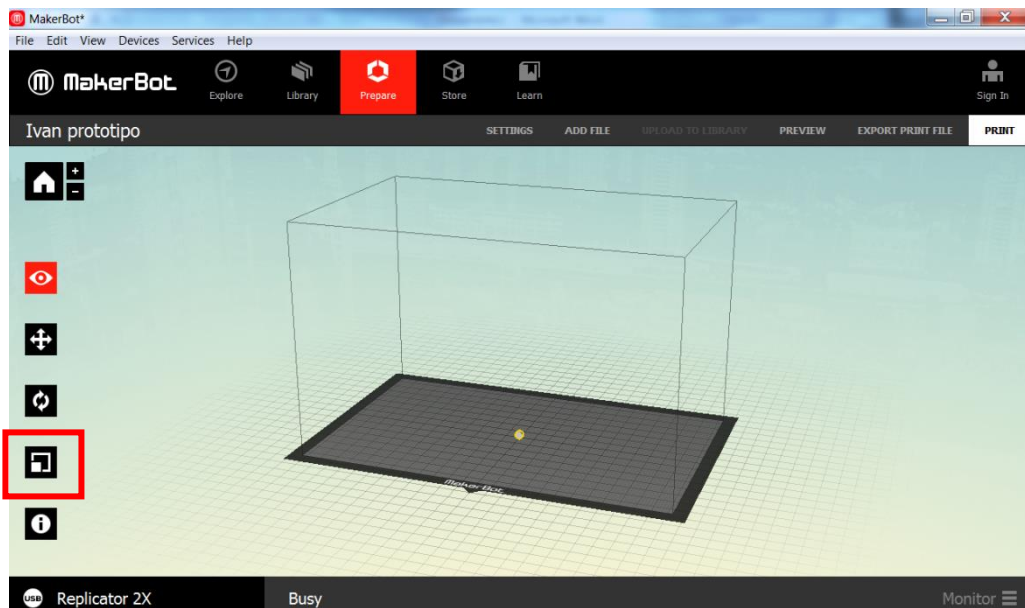


Ilustración 45 Aumento de escala

Se aumenta 10 veces la escala para que tenga las medidas reales con las que se dibujó en Inventor.

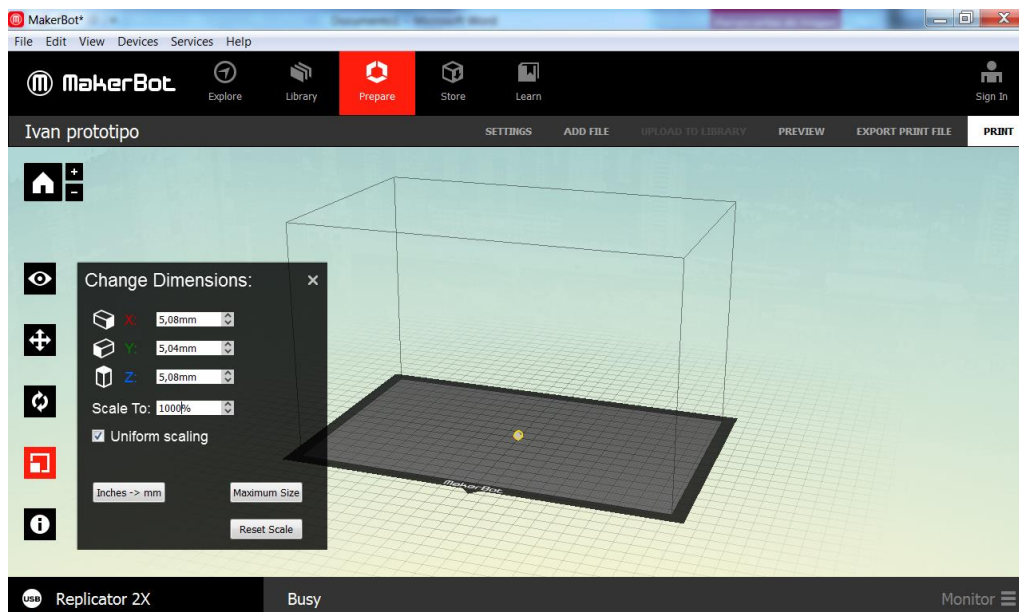


Ilustración 46 Aumento de escala 10 veces

Después se procede a rotar el objeto, teniendo en cuenta cual es la cara óptima para la impresión.

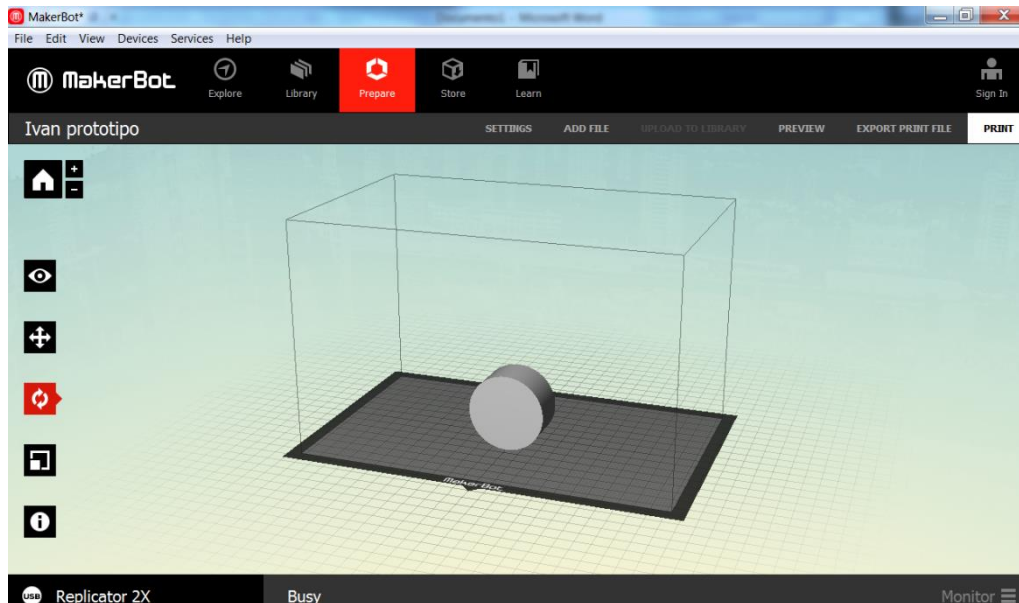


Ilustración 47 Rotar objeto

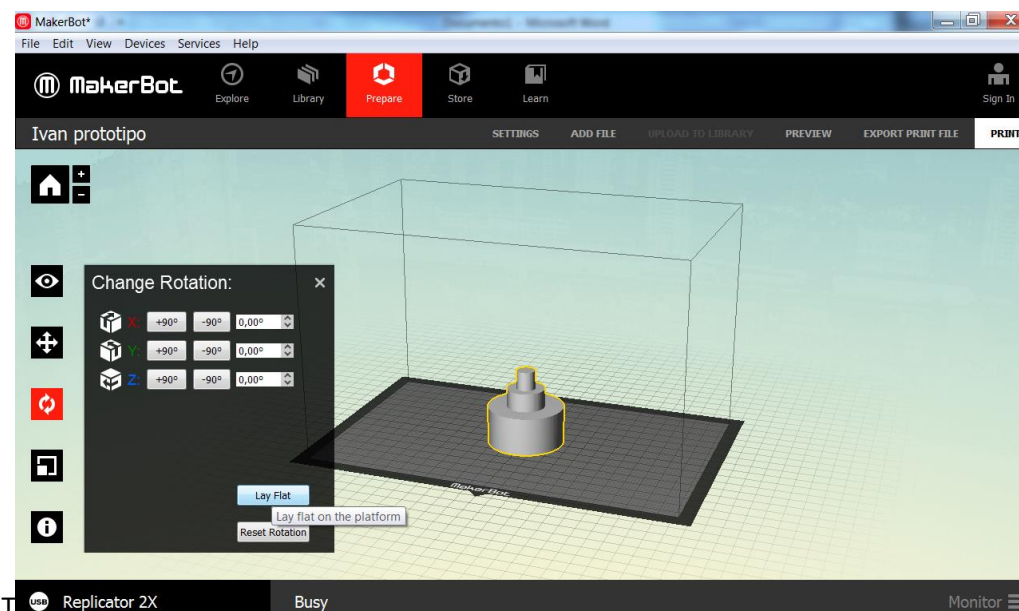


Ilustración 48 Ubicación correcta de cara

Luego de rotarlo se debe dar click en el botón Lay Flat para aproximar el objeto a la mesa.

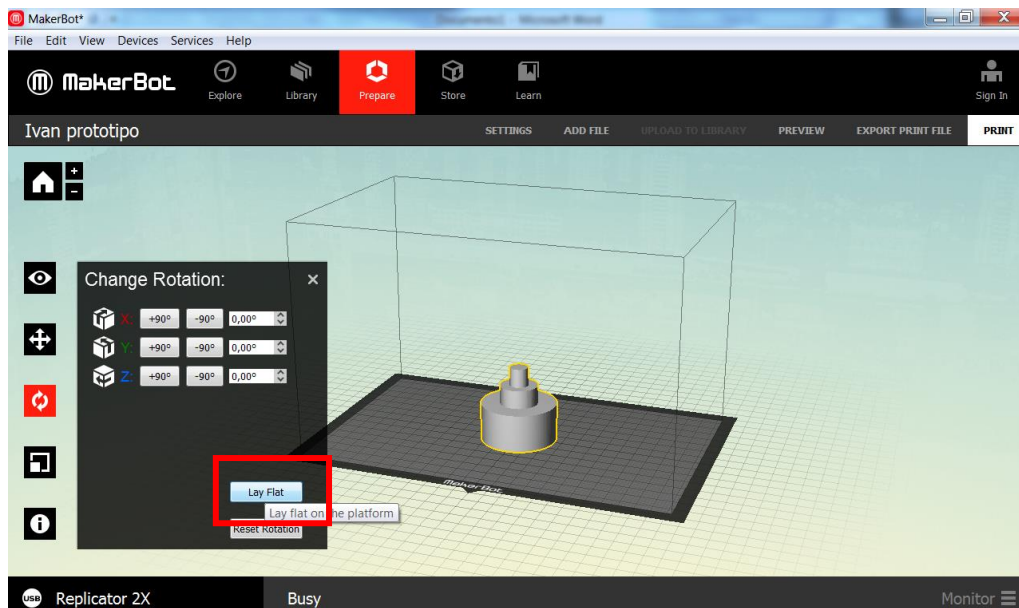


Ilustración 49 Aproximación de objeto a la mesa

Después se procede a la revisión de la configuración para la impresión.

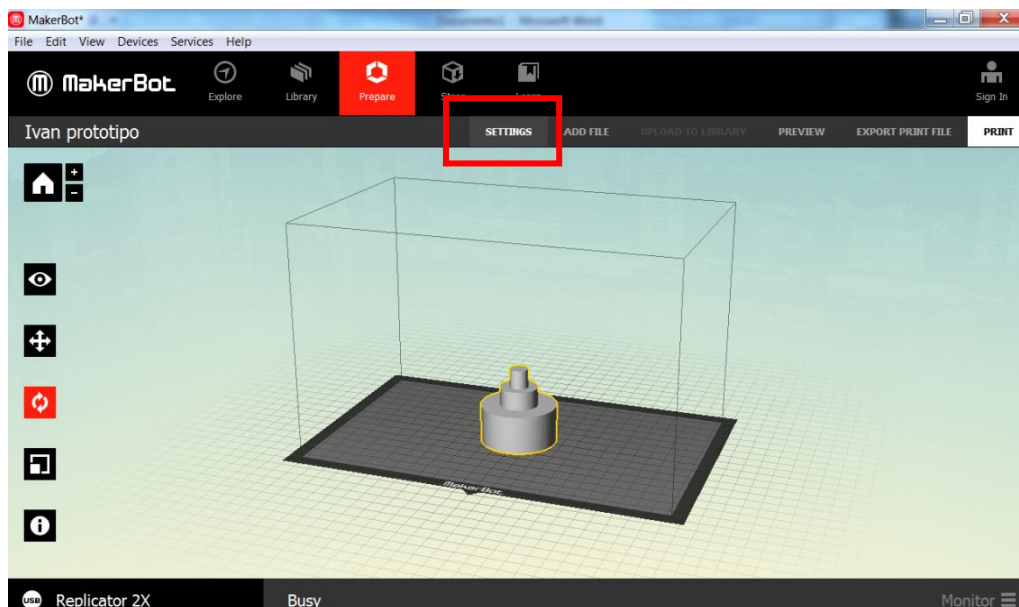


Ilustración 50 Configuración

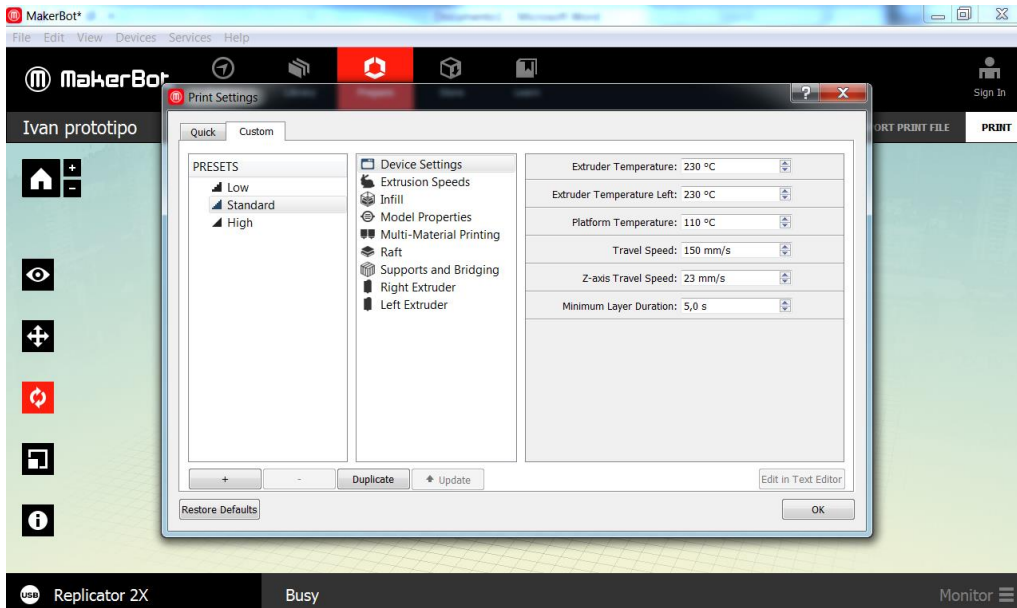


Ilustración 51 Configuración de impresión

Se procede a seleccionar la calidad de la impresión.

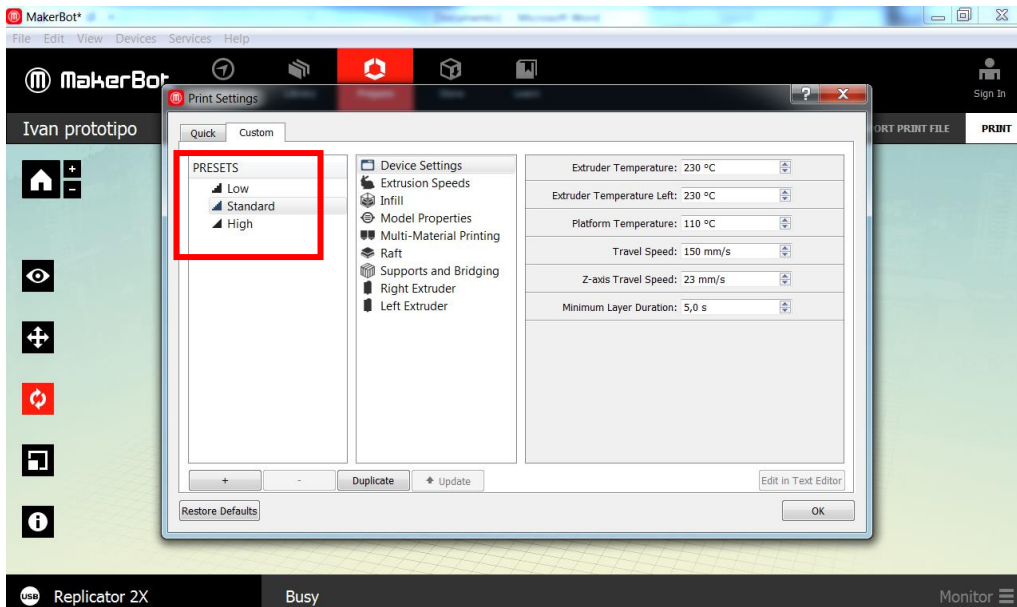


Ilustración 52 Selección de calidad de impresión

Después se procede a revisar los valores para la configuración de la máquina.

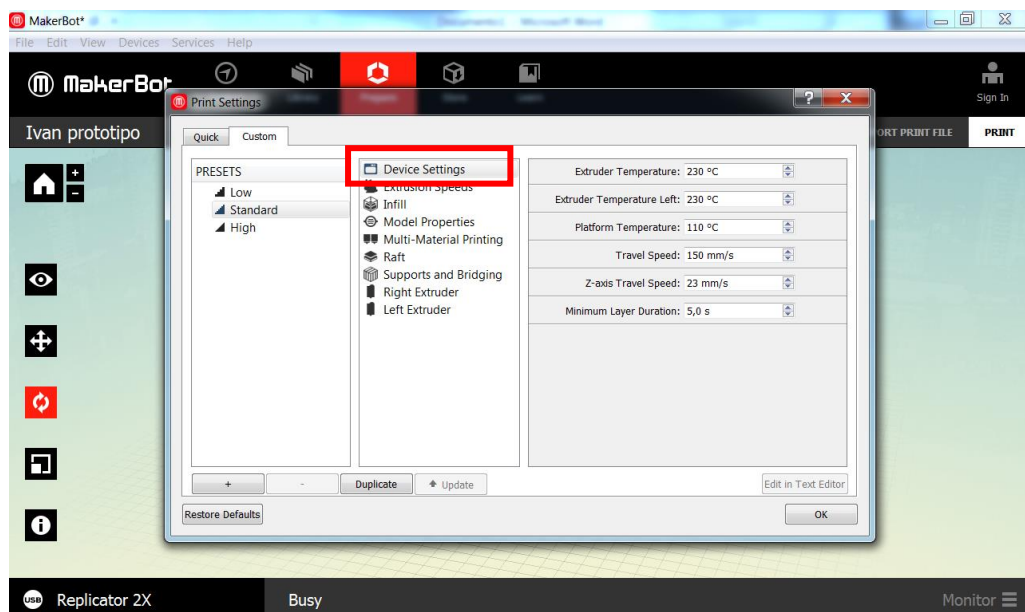


Ilustración 53 Valores de configuración de máquina

Después se procede a revisar la velocidad de impresión, preferible poner los ajustes predeterminados.

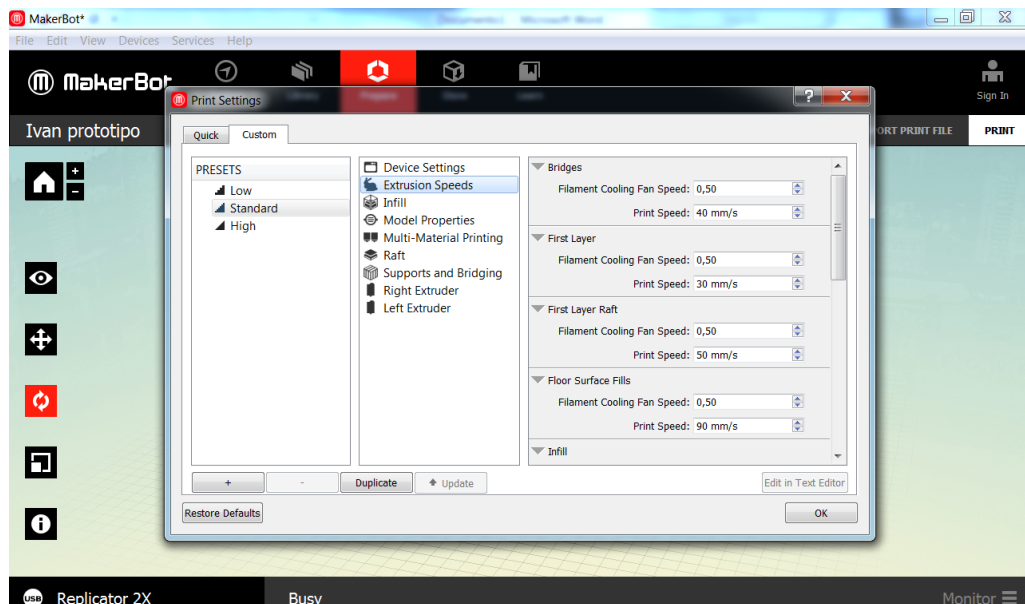


Ilustración 54 Configuración de velocidad de extrusión

Después se procede a revisar los datos del Infill.

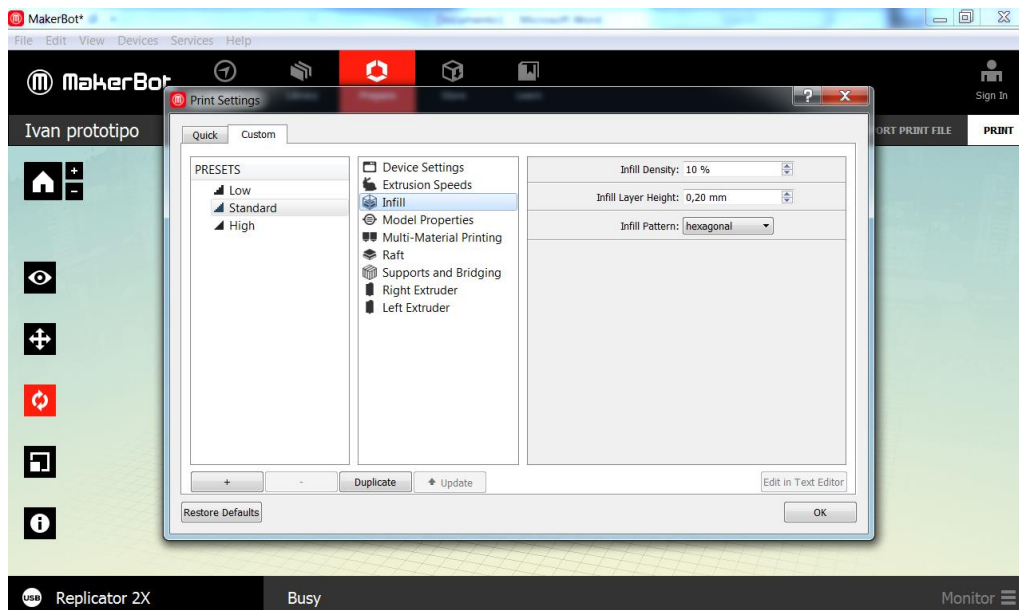


Ilustración 55 Revisión de datos de Infill

Dentro de esta opción esta la forma de impresión interna, seleccionar la requerida en este caso diamante es la seleccionada.

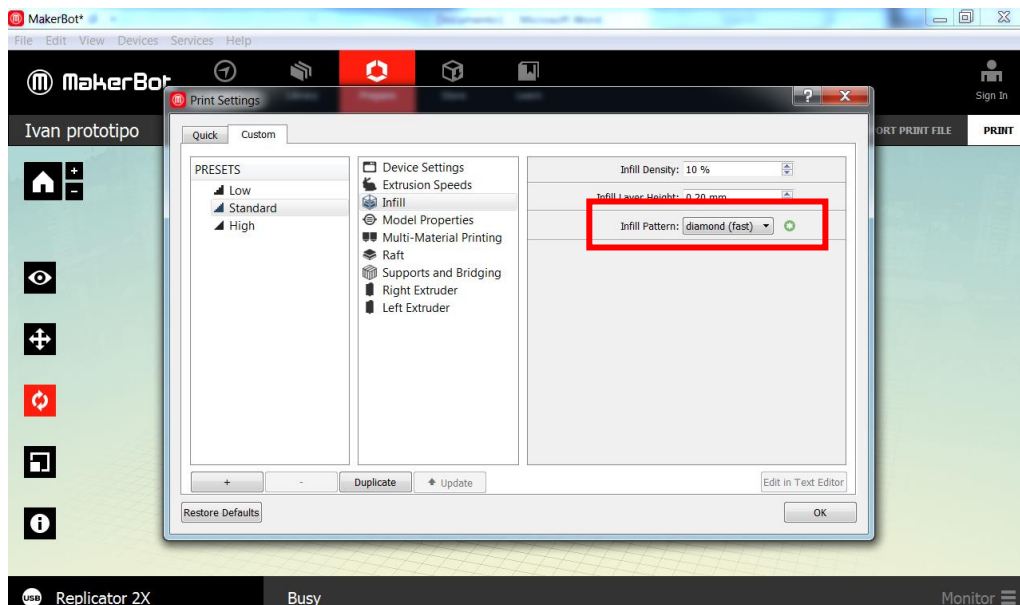


Ilustración 56 Selección de patrón de impresión

En model properties se mantiene los ajustes que están.

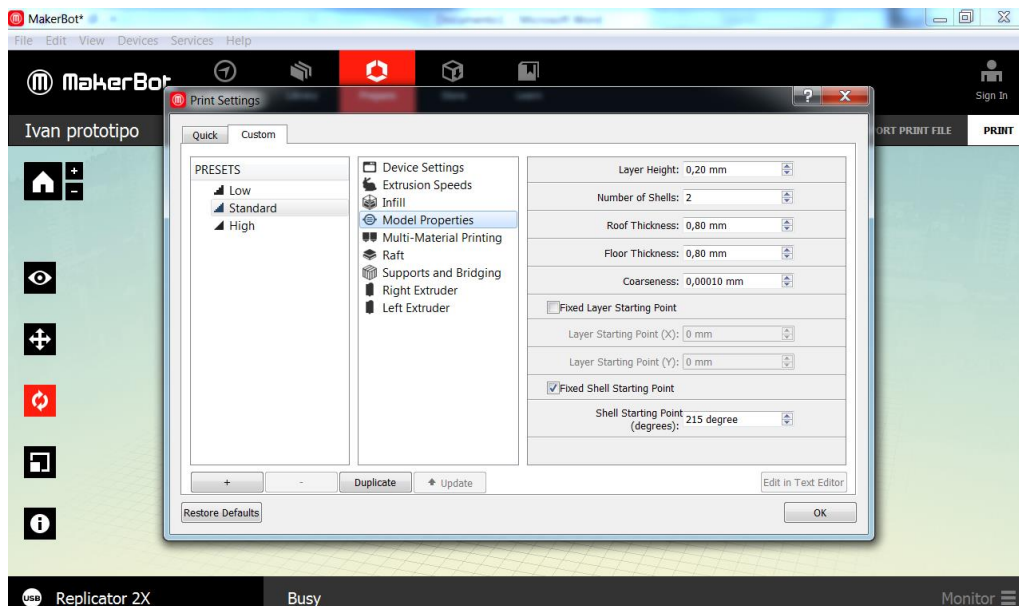


Ilustración 57 Configuración de propiedades de modelo

En la pestaña de multi-material printing se debe revisar el extrusor en el que se va a imprimir, 0 derecho, 1 izquierdo. En este caso se selecciona el extrusor derecho.

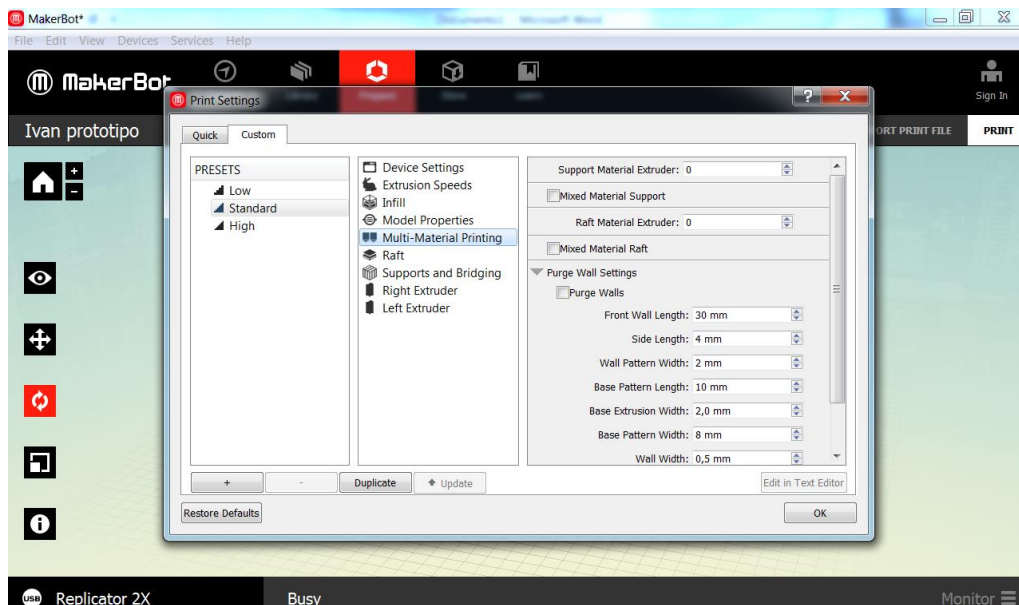


Ilustración 58 Selección de extrusor

En la siguiente pestaña se procede a configurar el piso o raft, generalmente se imprime con raft.

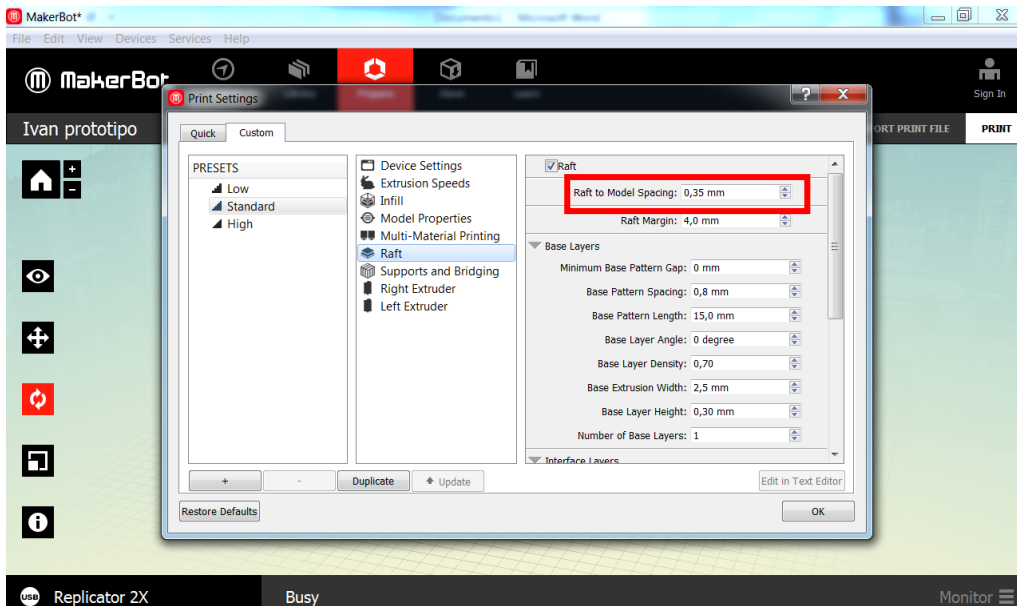


Ilustración 59 Configuración de Raft

Después de esto se procede a dar clic en el botón ok. Para imprimir hay que dar clic en el botón imprimir y se procede a la impresión.

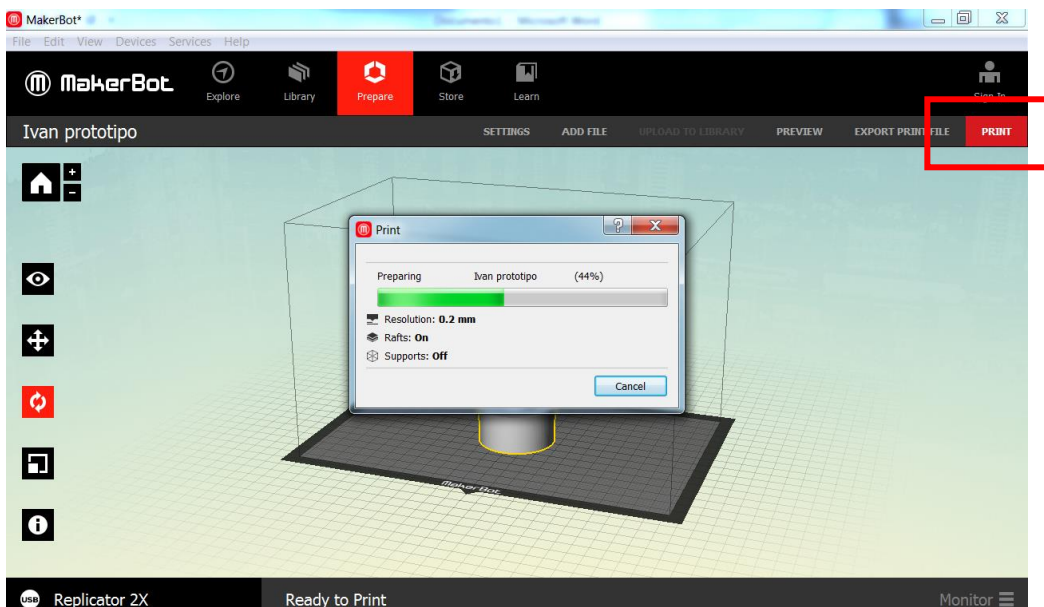


Ilustración 60 Imprimir

USO DE ESCÁNER 3D

El uso de escáner es relativamente más sencillo que las anteriores máquinas, ya que se encarga de digitalizar un sólido a través de mapeo vía laser.

Primero que todo se debe tener el modelo que se necesita escanear, previamente tuvo que superar las restricciones detalladas en el capítulo 3. A continuación, se procede a la colocación del modelo en la mesa de trabajo del escáner. No es necesario sistema de sujeción.

El software encargado del control del escáner es el LPXEZ Studio, el cual de una manera muy intuitiva controla la precisión del escaneo y las múltiples vistas disponibles para apreciar el modelo.

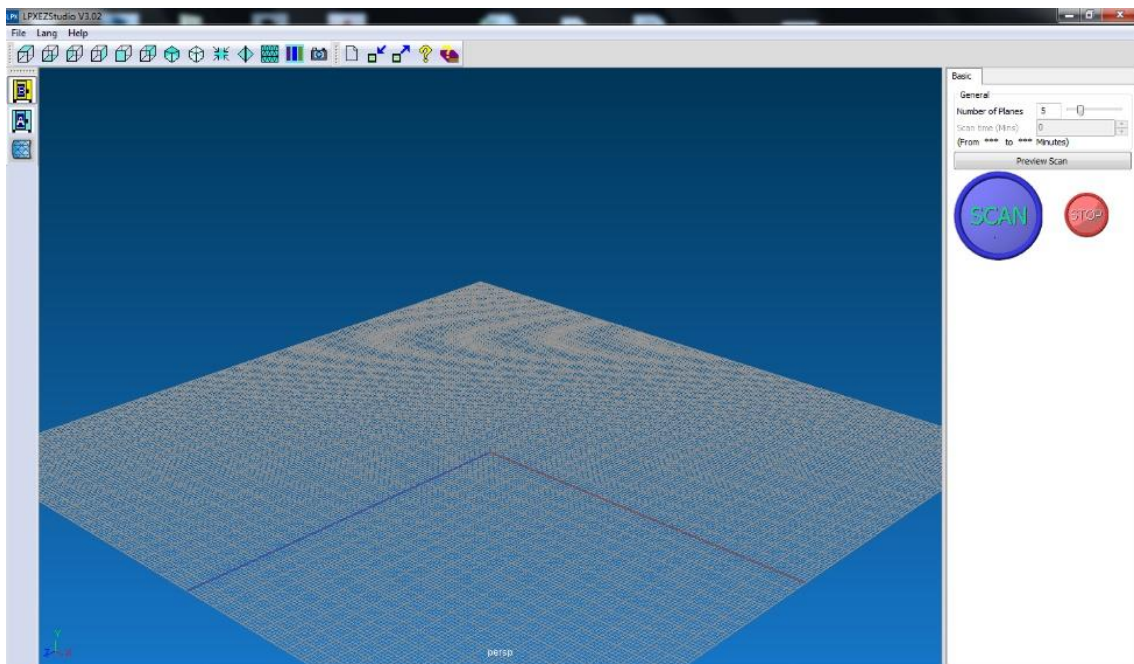


Ilustración 61 Escaneo – Entorno del software LPXEZ Studio

Existen 2 tipos de escaneo: Básico y avanzado. El escaneo básico es una opción rápida para principiantes, ya que cuenta con una programación estándar de escaneo. Lo único que se puede editar en esta opción es la cantidad de planos a escanear, mientras más planos se incluyan, el modelo va a ser más detallado, sin embargo, ocupará más tiempo su finalización.

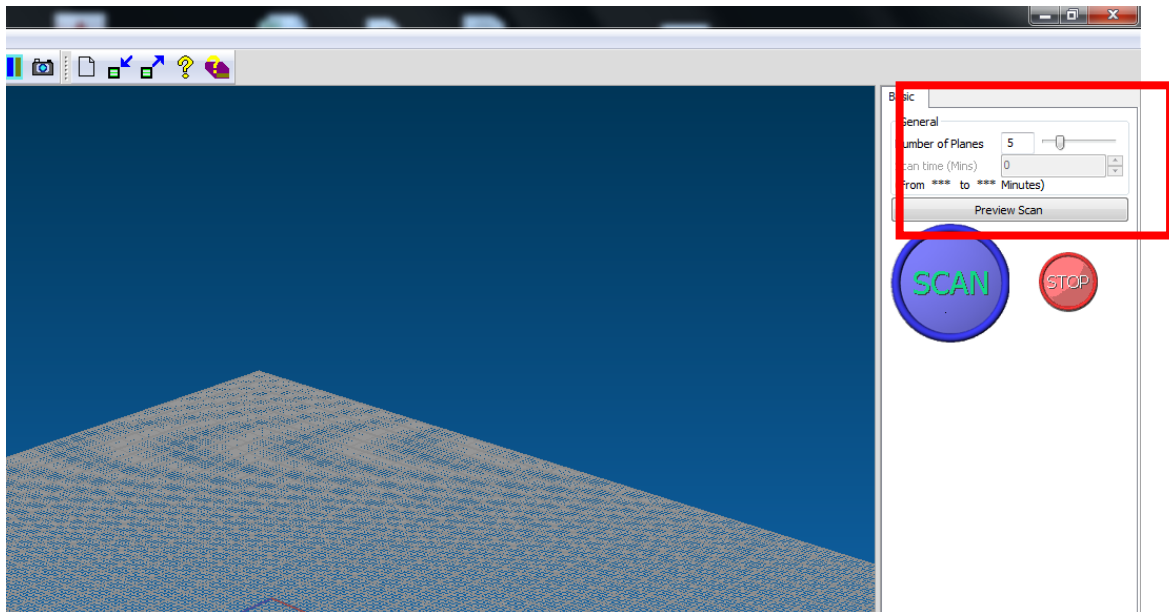


Ilustración 62 Escaneo – Modificación de numero de planos

Para el presente modelo se tomará el número máximo de planos para obtener la mayor calidad posible.

Para iniciar el escaneo se hace clic en el botón SCAN.

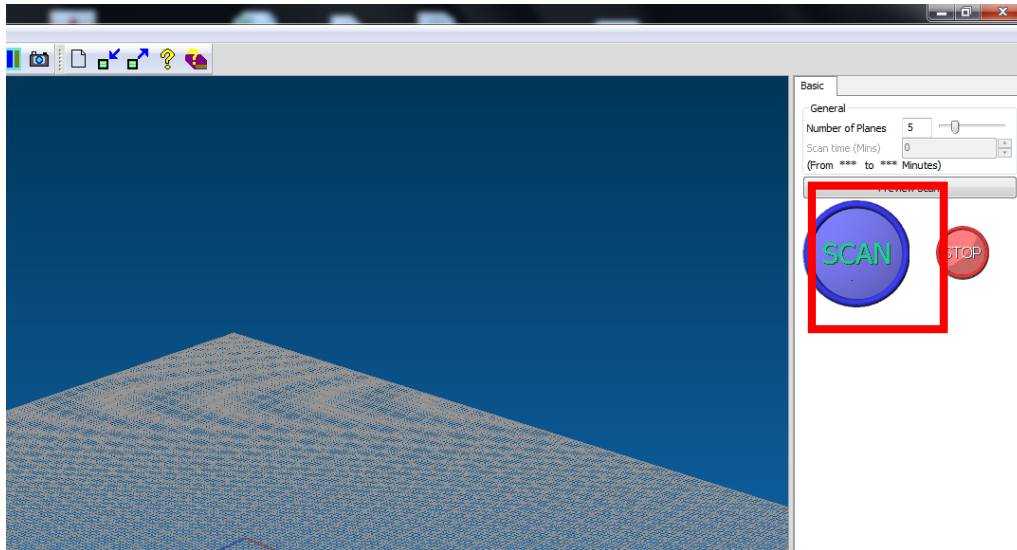


Ilustración 63 Escaneo – Inicio de escaneo

Una vez se haya terminado el escaneo, el software mostrará en pantalla el modelo final listo para su exportación.

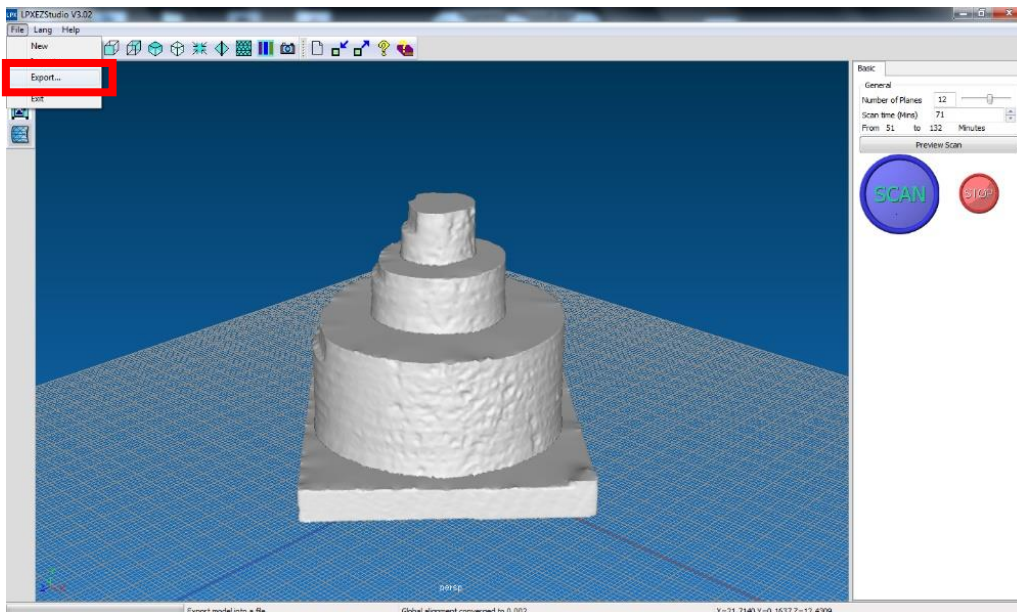


Ilustración 64 Exportación de Modelo

ANEXO D

DIAGRAMA DE FLUJO PROCESO DE PROTOTIPADO

