



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE LAS CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**DISEÑO DE CÉLULAS DE PRODUCCIÓN PARA LA SIMULACIÓN DE  
PROCESOS EN LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA  
UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial.

**Autores:**

LOMAS ANGAMARCA MARCELO JAVIER  
ROMERO ÁLVAREZ JOSÉ JAVIER

**Tutor:**

ING. ÁNGEL MARCELO TELLO CÓNDOR

Latacunga – Ecuador

2020

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

“Yo, **LOMAS ANGAMARCA MARCELO JAVIER & ROMERO ÁLVAREZ JOSÉ JAVIER**, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: **DISEÑO DE CÉLULAS DE PRODUCCIÓN PARA LA SIMULACIÓN DE PROCESOS EN LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**, siendo el **Ingeniero ÁNGEL MARCELO TELLO**, tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

.....  
**LOMAS ANGAMARCA MARCELO JAVIER**  
C.C: 2200136881

.....  
**ROMERO ALVAREZ JOSE JAVIER**  
C.C: 1804799441

## **AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

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

“DISEÑO DE CÉLULAS DE PRODUCCIÓN PARA LA SIMULACIÓN DE PROCESOS EN LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.”, de **Lomas Angamarca Marcelo Javier** y **Romero Álvarez José Javier**, de la carrera de INGENIERÍA INDUSTRIAL, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADA de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 16 de septiembre, 2020

-----  
**Tutora de Titulación del Proyecto de Investigación.**

Ing. MSc. Marcelo Tello

CC: 0501518550

## APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica De Cotopaxi, y por la facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: **Lomas Angamarca Marcelo Javier** y **Romero Álvarez José Javier**, con el título de Proyecto de titulación: “DISEÑO DE CÉLULAS DE PRODUCCIÓN PARA LA SIMULACIÓN DE PROCESOS EN LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

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

Latacunga, 16 de septiembre, 2020

Para constancia firman:

---

Ing. MSc. Hernán Navas  
CC: 0500695549  
**Lector 1**

---

Ing. PhD. Medardo Ulloa  
CC:  
**Lector 2**

---

Ing. MSc. Raúl Andrango  
CC: 1717526253  
**Lector 3**

## **AGRADECIMIENTO.**

*A nuestro gran Padre Celestial y Señor Jesucristo, por las bendiciones y oportunidades que me ha otorgado para realizar el presente trabajo de investigación.*

*A esta prestigiosa Institución Educativa, como lo es la Universidad Técnica de Cotopaxi, al permitirme ser parte de la misma, concretamente en la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas, a la Carrera de Ingeniería Industrial y su personal administrativo que demostraron diligencia ante cualquier trámite, a todo el personal docente, los cuales realizaron un arduo trabajo y esfuerzo al impartir conocimiento y de esta manera lograr la culminación de mis estudios. Al Docente Tutor, Ing. Ángel Marcelo Tello, el cual me guio y despejo cualquier inquietud que se presentó en el trabajo de investigación.*

*Marcelo Lomas.*

*A Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida quien me ha dado fuerza, valor y fe para lograr alcanzar un objetivo más en mi vida.*

*A mis padres por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron.*

*A la Universidad Técnica de Cotopaxi y sus docentes que la conforman, por permitirme formar parte de esta familia y brindarme sus conocimientos y enseñanzas que servirán para mi desarrollo profesional.*

*Mi más grande agradecimiento a mi tutor de proyecto el Ing. MSc. Marcelo Tello, quien supo guiar con esfuerzo y dedicación en el desarrollo del trabajo investigativo.*

*José Romero.*

## DEDICATORIA

*El sentimiento es único al no encontrar palabras que expresen una gran emoción:*

*Otorgo dedicatoria de este trabajo a:*

*Mi apreciada y gran familia, en especial a mis amados padres, Jaime y Gloria, que, con cada consejo y palabra, lograron que sienta esforzarme cada día.*

*A mis hermanos, Homero, Sonia, Gimena, Liliana, Deyvis, por su gran apoyo y preocupación que demostraron, y de igual de alguna u otra manera supieron el brindarme su apoyo.*

*Marcelo Lomas.*

*Dedico este proyecto de investigación con mucho cariño a Dios por darme la vida, fortaleza, inteligencia y sabiduría para afrontar los obstáculos que existieron durante el camino.*

*A mis padres Gerardo y Yolanda por ser mi gran ejemplo de superación, por siempre confiar en mí y levantarme cuando mis fuerzas han decaído.*

*A mis abuelitos Manuel Y Gloria, a quienes fueron como mis padres, por compartir momentos significativos conmigo y por siempre estar dispuestos a escucharme y apoyarme en momentos de mi vida.*

*A mis hermanos Jackeline y Juan porque gracias a su respaldo y sin dudar de mis habilidades, soy lo que soy ahora.*

*A todos mis profesores quienes con sus valiosos conocimientos me guiaron y formaron como profesional.*

*José Romero.*

## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA .....	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN .....	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN .....	iv
ÍNDICE DE TABLAS. ....	ix
ÍNDICE DE GRÁFICOS .....	xi
RESUMEN .....	xv
ABSTRACT.....	xvi
AVAL DE TRADUCCIÓN .....	xvii
1. INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2. RESUMEN DEL PROYECTO. ....	2
3. JUSTIFICACION DEL PROYECTO. ....	3
4. BENEFICIARIOS:.....	4
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACION. ....	5
6. OBJETIVOS. ....	6
General.....	6
Específico .....	6
7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACION A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS. ....	6
8. MARCO TEORICO.....	8
8.1. Manufactura Celular.....	8
8.1.1. Acerca de la Manufactura Celular. ....	8
8.1.2. Selección de un buen proceso de manufactura.....	9
8.1.3. La Manufactura Celular para ayuda en procesos. ....	9
8.1.4. Lo que se debe hacer para implementar puestos de trabajo. ....	10
8.1.5. Diferentes tipos de células de manufactura.....	10
8.1.6. Formación de las células de manufactura. ....	11
8.1.7. Ventajas de la distribución en planta celular .....	12
8.1.8. Células de Trabajo personalizadas.....	13
8.2. Simulación de Procesos.....	14
8.3. Software de análisis y modelado de simulación 3D.....	20
9. HIPÓTESIS.....	28

10.	METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL. ....	28
	Tipo de proyecto: .....	28
	Métodos y Técnicas.....	28
	Técnica. ....	28
	Instrumentos. ....	29
	Identificación de preguntas que serán realizadas en la Encuesta. ....	29
	Desarrollo de encuesta a los estudiantes.....	30
	Evaluación de resultados de la Encuesta. ....	31
11.	DESARROLLO DE LA PROPUESTA (ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS) .....	37
	11.2.    Procesos y componentes que se van a simular. ....	37
	11.4.    Configuraciones Técnicas para el Proceso a Simular.....	55
	11.5.    Configuraciones Visuales para el Proceso a Simular. ....	90
12.	PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO.....	99
13.	CONCLUSIONES .....	103
14.	RECOMENDACIONES. ....	104
15.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....	105
16.	ANEXOS. ....	107
	Datos del tutor del proyecto. ....	107
	Datos de los estudiantes autores del proyecto.....	107
	Imágenes creadas a partir del software Google Sketchup 2020. ....	109
	Diseño del triciclo en 3 dimensiones desde Sketchup 2020.....	112

## ÍNDICE DE TABLAS.

<b>Tabla 1.</b>	Beneficiarios directos .....	4
<b>Tabla 2.</b>	Beneficiarios indirectos .....	4
<b>Tabla 3.</b>	Actividades relacionadas a los objetivos planteados.....	6
<b>Tabla 4.</b>	Especificaciones mínimas recomendadas del sistema.....	27
<b>Tabla 5.</b>	Técnica e instrumento.....	29
<b>Tabla 6.</b>	Estadística de la pregunta 1. ....	31
<b>Tabla 7.</b>	Estadística de la pregunta 2. ....	31
<b>Tabla 8.</b>	Estadística de la pregunta 3. ....	32
<b>Tabla 9.</b>	Estadística de la pregunta 4. ....	33
<b>Tabla 10.</b>	Estadística de la pregunta 5. ....	33
<b>Tabla 11.</b>	Estadística de la pregunta 6. ....	34
<b>Tabla 12.</b>	Estadística de la pregunta 7. ....	35
<b>Tabla 13.</b>	Estadística de la pregunta 8. ....	35
<b>Tabla 14.</b>	Componentes para la propuesta .....	38
<b>Tabla 15.</b>	Procesos necesarios. ....	39
<b>Tabla 16.</b>	Diagrama de proceso Corte.....	42
<b>Tabla 17.</b>	Diagrama de proceso Corte.....	43
<b>Tabla 18.</b>	Diagrama de proceso Corte.....	44
<b>Tabla 19.</b>	Diagrama de proceso de doblado.....	45
<b>Tabla 20.</b>	Diagrama de proceso Taladrado. ....	47
<b>Tabla 21.</b>	Diagrama de proceso Taladrado. ....	48
<b>Tabla 22.</b>	Diagrama de proceso Torneado. ....	49
<b>Tabla 23.</b>	Diagrama de proceso Suelda.....	51
<b>Tabla 24.</b>	Diagrama de proceso Pintado. ....	52
<b>Tabla 25.</b>	Diagrama de proceso Secado .....	53
<b>Tabla 26.</b>	Diagrama de proceso Ensamble.....	54
<b>Tabla 27.</b>	Funciones de las Queue (Filas).....	58
<b>Tabla 28.</b>	Configuración FlowItems para el proceso. ....	59

<b>Tabla 29.</b>	Dirección de las conexiones de Queue 1 a Processor 1.....	65
<b>Tabla 30.</b>	Conexión de objetos Processor 1 a Queue 2,3. ....	67
<b>Tabla 31.</b>	Orden de conexión Queue 3 a Processor 2.....	69
<b>Tabla 32.</b>	Distribución de materiales a Taladrado, Torneado.....	72
<b>Tabla 33.</b>	Conexiones hacia Combiner 1. ....	79
<b>Tabla 34.</b>	<b>Conexiones</b> hacia Processor 5. ....	84
<b>Tabla 35.</b>	Conexiones hacia Processor 6.....	87
<b>Tabla 36.</b>	Estado de producción al salir el primer producto.....	98
<b>Tabla 37.</b>	Cotización en precios FLEXSIM.....	102

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1.</b>	Ejemplo de célula de procesos o manufactura .....	8
<b>Gráfico 2.</b>	Logotipo de Flexsim. ....	21
<b>Gráfico 3.</b>	Herramientas de librería Flexsim. ....	22
<b>Gráfico 4.</b>	Ventana de propiedades Source. ....	22
<b>Gráfico 5.</b>	Ventana de propiedades Queue. ....	23
<b>Gráfico 6.</b>	Ventana de propiedades Processor. ....	23
<b>Gráfico 7.</b>	Ventana de propiedades Sink. ....	24
<b>Gráfico 8.</b>	Ventana de propiedades Combiner. ....	25
<b>Gráfico 9.</b>	Ventana de propiedades Operator. ....	25
<b>Gráfico 10.</b>	Ventana de propiedades NetworkNodes. ....	26
<b>Gráfico 11.</b>	Ventana de propiedades Plane. ....	26
<b>Gráfico 12.</b>	Ventana de configuración FlowItem Bin. ....	27
<b>Gráfico 13.</b>	Modelo de borrador para la encuesta. ....	29
<b>Gráfico 14.</b>	Fórmula para el tamaño de la muestra. ....	30
<b>Gráfico 15.</b>	Porcentajes de la respuesta 1 .....	31
<b>Gráfico 16.</b>	Porcentajes de la respuesta 2 .....	32
<b>Gráfico 17.</b>	Porcentajes de la respuesta 3 .....	32
<b>Gráfico 18.</b>	Porcentajes de la respuesta 4 .....	33
<b>Gráfico 19.</b>	Porcentajes de la respuesta 5 .....	34
<b>Gráfico 20.</b>	Porcentajes de la respuesta 6 .....	34
<b>Gráfico 21.</b>	Porcentajes de la respuesta 7 .....	35
<b>Gráfico 22.</b>	Porcentajes de la respuesta 8 .....	36
<b>Gráfico 23.</b>	Proceso intermitente, estaciones de trabajo.....	37
<b>Gráfico 24.</b>	Flujograma de Procesos. ....	40
<b>Gráfico 25.</b>	Diagrama de precedencias de los componentes. ....	41
<b>Gráfico 26.</b>	icono de FlexSim .....	55
<b>Gráfico 27.</b>	Pantalla de inicio FlexSim .....	55
<b>Gráfico 28.</b>	Configuración de unidades de flexSim .....	56

<b>Gráfico 29.</b>	Ubicación de máquinas de procesos. ....	57
<b>Gráfico 30.</b>	Designación de nombre de máquinas.....	57
<b>Gráfico 31.</b>	Ubicación de operadores.....	58
<b>Gráfico 32.</b>	Flujo del procedimiento. ....	59
<b>Gráfico 33.</b>	Ingreso a la ventana FlowItem Bin .....	60
<b>Gráfico 34.</b>	Propiedades de los FlowItem .....	61
<b>Gráfico 35.</b>	Conexión Source-Queue1 .....	61
<b>Gráfico 36.</b>	Configuración de Source- Inter Arrival Time. ....	62
<b>Gráfico 37.</b>	Configuración de Source- Inter Arrival Time. ....	62
<b>Gráfico 38.</b>	Asignación de etiquetas para los FlowItem.....	63
<b>Gráfico 39.</b>	Designación de Set Ítem Type .....	64
<b>Gráfico 40.</b>	Ubicación del numero de etiqueta.....	64
<b>Gráfico 41.</b>	Resultado visual de asignación de etiquetas. ....	64
<b>Gráfico 42.</b>	Conexión de Queue 1 a Processor 1.....	65
<b>Gráfico 43.</b>	Asignación de uso de transporte Queue 1. ....	66
<b>Gráfico 44.</b>	Asignación uso de Operador en Processor 1 .....	66
<b>Gráfico 45.</b>	Asignación uso de Transporte en Processor 1 .....	67
<b>Gráfico 46.</b>	Asignación Transporte “Port By Case” en Processor 1 .....	68
<b>Gráfico 47.</b>	Ventana “Port By Case” en Processor 1. ....	68
<b>Gráfico 48.</b>	Asignación de decisiones de transporte en Processor 1. ....	69
<b>Gráfico 49.</b>	Resultado de asignaciones para Queue 2,3. ....	69
<b>Gráfico 50.</b>	Asignación uso de Transporte en Queue 3.....	70
<b>Gráfico 51.</b>	Asignación uso de Operador en Processor 2.....	70
<b>Gráfico 52.</b>	Asignación uso de Transporte en Processor 1 .....	71
<b>Gráfico 53.</b>	Inspección al destino de materiales y fluidez en Queue 2,3.....	71
<b>Gráfico 54.</b>	Inspección de conexiones en proceso de Taladrado, Torneado.....	72
<b>Gráfico 55.</b>	Asignación uso de” Port by Case” en Queue 2. ....	73
<b>Gráfico 56.</b>	Ventana Port By Case en Queue 2.....	73
<b>Gráfico 57.</b>	Configuración de decisiones en Queue 2.....	73

<b>Gráfico 58.</b>	Ventana Object Connected Queue 2 .....	74
<b>Gráfico 59.</b>	Asignación Object Connected en Queue 2.....	74
<b>Gráfico 60.</b>	Asignación tiempo proceso y operador en Processor 3 .....	75
<b>Gráfico 61.</b>	Asignación Port By Case en Processor 3 .....	76
<b>Gráfico 62.</b>	Ventana Port By Case en Processor 3 .....	76
<b>Gráfico 63.</b>	Configuración de decisiones en Processor 3 .....	77
<b>Gráfico 64.</b>	Asignación tiempo proceso y operador en Processor 4 .....	77
<b>Gráfico 65.</b>	Asignación Use Transport en Processor 4 .....	78
<b>Gráfico 66.</b>	Distribución por caso en almacenamiento Queue 4,5,6. ....	78
<b>Gráfico 67.</b>	Resultado conexiones hacia Combiner 1. ....	79
<b>Gráfico 68.</b>	Asignación “Use Transport” en Queue 4,5,6. ....	80
<b>Gráfico 69.</b>	Asignación “Process Time” y “Use Operator” en Combiner 1. ....	80
<b>Gráfico 70.</b>	Asignación “Combine Mode” en Combiner 1 .....	81
<b>Gráfico 71.</b>	Asignación “Use Transport” en Combiner 1.....	82
<b>Gráfico 72.</b>	Asignación “Triggers - On Exit” en Combiner 1 .....	82
<b>Gráfico 73.</b>	Asignación “Set Object Color” en Combiner 1.....	83
<b>Gráfico 74.</b>	Ventana “Set Object Color” en Combiner 1 .....	83
<b>Gráfico 75.</b>	Resultado simulación en Combiner 1. ....	84
<b>Gráfico 76.</b>	Conexiones hacia Processor 5.....	85
<b>Gráfico 77.</b>	Asignación “Use Transport” en Queue 7 .....	85
<b>Gráfico 78.</b>	Asignación Process Time y Use Operator en Processor 5.....	86
<b>Gráfico 79.</b>	Asignación “Use Transport” en Processor 5 .....	86
<b>Gráfico 80.</b>	Asignación “Max Wait Time” y “Use Transport” en Queue 8.....	87
<b>Gráfico 81.</b>	Conexiones hacia Processor 6.....	87
<b>Gráfico 82.</b>	Asignación “Use Transport” en Queue 8. ....	88
<b>Gráfico 83.</b>	Asignación “Process Time” y “Use Operator” en Processor 6.....	88
<b>Gráfico 84.</b>	Asignación “Use Transport” en Processor 6 .....	89
<b>Gráfico 85.</b>	Visualización de las configuraciones técnicas. ....	89
<b>Gráfico 86.</b>	Configuración apariencia de un Processor. ....	90

<b>Gráfico 87.</b>	Ventana de selección archivo “.DAE” de un Processor .....	91
<b>Gráfico 88.</b>	Cambio de apariencia en un Processor.....	91
<b>Gráfico 89.</b>	Errores en trayectorias de Operadores. ....	92
<b>Gráfico 90.</b>	Rutas realizadas con NetworksNodes. ....	92
<b>Gráfico 91.</b>	Configuración de apariencia en Operator. ....	93
<b>Gráfico 92.</b>	Ingreso de un archivo 3D al sistema del programa .....	94
<b>Gráfico 93.</b>	Ventana Trigger-On Exit de un proceso. ....	95
<b>Gráfico 94.</b>	Asignación de salida “Change 3D Shape” en un Processor .....	95
<b>Gráfico 95.</b>	Selección de Archivo 3D ingresado al programa. ....	96
<b>Gráfico 96.</b>	Final de la célula de producción .....	96
<b>Gráfico 97.</b>	Plano de trabajo (taller mecanizado Industrial).....	97
<b>Gráfico 98.</b>	Página principal del programa de simulación .....	99
<b>Gráfico 99.</b>	Ventana de descarga gratuita del Programa .....	99
<b>Gráfico 100.</b>	Contacto personal de ventas.....	100
<b>Gráfico 101.</b>	Ventana de Activación de Licencia.....	101
<b>Gráfico 102.</b>	Espacio de trabajo (Taller Industrial) en 3D .....	109
<b>Gráfico 103.</b>	Compresor. ....	110
<b>Gráfico 104.</b>	Prensa Hidráulica.....	110
<b>Gráfico 105.</b>	Sierra sin Fin.....	110
<b>Gráfico 106.</b>	Equipo de Soldadura.....	111
<b>Gráfico 107.</b>	Taladro Vertical.....	111
<b>Gráfico 108.</b>	Torno CNC.....	111
<b>Gráfico 109.</b>	Diseño en 3D del triciclo. ....	112
<b>Gráfico 110.</b>	Ventana de Modelado 3D Sketchup 2020.....	112
<b>Gráfico 111.</b>	Ventana de Modelado 3D Sketchup 2020.....	113

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TÍTULO:** DISEÑO DE CÉLULAS DE PRODUCCIÓN PARA LA SIMULACIÓN DE PROCESOS EN LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

**Autores:**

Lomas Angamarca Marcelo Javier  
Romero Álvarez José Javier

### RESUMEN

El proyecto nombrado como: “DISEÑO DE CÉLULAS DE PRODUCCIÓN PARA LA SIMULACIÓN DE PROCESOS EN LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI” es referenciado a la idea de ampliar unos de los aspectos que es importante en el aprendizaje del futuro profesional, como lo es, el análisis de productos o su debido manejo, y procesos de los mismos que llevan a cabo los estudiantes de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

El desarrollar un producto requiere de conocimiento y desenvolvimiento especial en cada sector o punto que requiera intervenir en el amplio proceso que conlleva, siendo un espacio en común de actividades o conjunto de las mismas, que son conocidas también como células de producción, que serán desarrolladas a través de una propuesta de simulación que se presentará en un programa de computadora.

Esto permitirá a los alumnos visualizar en forma tridimensional el trabajo de maquinaria, el movimiento de personas (operadores), las variaciones de tiempos, entre otros aspectos que se presentan en la producción de un cierto producto, todo esto será provechoso en el aprendizaje de estudiante de Ingeniería Industrial de la UTC.

**Palabras clave:** Célula de producción, Ingeniería Industrial, simulación en Flexsim.

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**THEME:** DESIGN OF PRODUCTION CELLS FOR THE SIMULATION OF PROCESSES IN THE INDUSTRIAL ENGINEERING CAREER OF THE TECHNICAL COTOPAXI UNIVERSITY.

**Authors:**

Lomas Angamarca Marcelo Javier  
Romero Álvarez José Javier

### ABSTRACT

The project named as: "DESIGN OF PRODUCTION CELLS FOR THE SIMULATION OF PROCESSES IN THE INDUSTRIAL ENGINEERING CAREER OF THE COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY" is referenced to the idea of expanding one of the aspects that are important in the future professional learning, as it is, the analysis of products or its due handling, and processes of the same ones that carried out by Industrial Engineering students of the Cotopaxi Technical University.

Developing a product requires of knowledge and particular performance in each area or part that requires intervening in the extensive process that it entails, being a common space of activities or set thereof which are also known as production cells that will be developed through a simulation proposal that will be presented in a computer program.

That will allow students to visualize in a three-dimensional way the work of machinery, the movement of people (operators), the variations of time among other aspects that arise in the production of one product, all of this will be useful in student learning of Industrial Engineering at CTU.

**Keywords:** Production cell, Industrial Engineering, simulation in Flexsim

## AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen del proyecto de investigación al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la Carrera de Ingeniería Industrial: **LOMAS ANGAMARCA MARCELO JAVIER** y **ROMERO ÁLVAREZ JOSÉ JAVIER**, cuyo título versa “**DISEÑO DE CÉLULAS DE PRODUCCIÓN PARA LA SIMULACIÓN DE PROCESOS EN LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.**” lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

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

Latacunga, septiembre del 2020

Atentamente,

.....

**MSc. Vladimir Sandoval**  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**  
**C.C. 0502104219**

## PROYECTO DE TITULACION 2

### 1. INFORMACIÓN GENERAL

**Título:**

DISEÑO DE CÉLULAS DE PRODUCCIÓN PARA LA SIMULACIÓN DE PROCESOS EN LA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.

**Fecha de inicio:**

23 de septiembre del 2019

**Fecha de finalización:**

23 de enero del 2020

**Lugar de ejecución:**

Universidad Técnica de Cotopaxi.

**Facultad que auspicia:**

CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS

**Carrera que auspicia:**

Ingeniería Industrial

**Proyecto de investigación vinculado:**

No aplica.

**Área de Conocimiento:**

- Producción

**Línea de investigación:**

- Calidad, diseño de procesos productivos e Ingeniería de métodos

**Sub líneas de investigación de la Carrera:**

- Diseño de procesos productivos, distribución de plantas industriales y de servicios.
- La ergonomía y el diseño de puestos de trabajo.
- Indicadores de medición, control y mejoramiento de la productividad.

## **2. RESUMEN DEL PROYECTO.**

El proyecto que se desarrollará, consiste en la elaboración de una propuesta acerca del diseño de células de producción, utilizando como lugar de trabajo, los talleres que se usan específicamente para la práctica en la Universidad Técnica de Cotopaxi, motivo el cual, es necesario realizar un diagnóstico previo de las instalaciones en donde se realizarán las simulaciones del nuevo puesto de trabajo. Una vez realizado el diagnóstico, se procede a desarrollar la propuesta de simulación que se realizará, teniendo en cuenta los equipos, ya sean faltantes o disponibles dentro del taller de prácticas. En la simulación de las células de trabajo, se tomará en cuenta los procesos de torneado, corte, rectificado, fresado, soldadura, entre otros que podrían ser utilizados en los nuevos productos que serán manufacturados.

De acuerdo con las especificaciones de la simulación a realizar, es necesario apoyarnos en un programa de computadora, el cual es diseñado con la finalidad de simular procesos, este programa se trata de FLEXSIM, que nos permitirá visualizar en 3 dimensiones el proceso de producción de una célula de trabajo o de un producto en general. Esto será beneficioso para observar el comportamiento de los procedimientos que pueden tener similitudes, eliminar o reducir espacios de recorrido entre ellos, para así, crear un procedimiento estandarizado y que tenga una secuencia, que pueda incluir algunos de los procesos que son necesarios para elaborar un producto, como ya lo hemos mencionado anteriormente.

La idea de crear un diseño de una célula de producción o trabajo que pueda ser simulado, se adaptará perfectamente a lo que la carrera o la misma institución necesite para el mejoramiento de sus procesos de aprendizaje, y en cada tarea verificar la relación y el esfuerzo que corresponden realizarlos, ya sea interna o externa.

Finalmente se realiza la valoración económica de la propuesta de simulación planteada y se analizará los beneficios académicos que generaran en caso sean implantadas en el taller de mecanizado de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

### **3. JUSTIFICACION DEL PROYECTO.**

En vista a la gran necesidad que existe en todas las instituciones educativas y en su esfuerzo para mejorar sus procesos de aprendizaje, y la calidad educativa de sus estudiantes, se ha visto un buen proyecto relacionado con el aprendizaje. En la Universidad Técnica de Cotopaxi, específicamente en la carrera de Ingeniería Industrial. Existe la prioridad de crear varios proyectos que faciliten la integración de la relación entre la industria y la academia, y esos proyectos a desarrollar e incentivar son el desafío que pasan a diario las autoridades.

El proyecto que se realizará, consta de la creación y diseño de células de producción o también conocidas como células de manufactura, que serán simuladas. Las cuales ampliarán visualmente, el aprendizaje y conocimiento que permitirá diseñar y organizar el desarrollo en la producción. Estas circunstancias y desafíos, permite dar paso a este proyecto, el cual creemos que será bien recibido.

Actualmente la carrera de Ingeniería Industrial no cuenta con un lugar específicamente de simulación de procesos, en donde los estudiantes puedan reforzar los conocimientos teóricos del área de producción hacia la simulación a través de la práctica. Adicional a esto, la carrera de Ingeniería Industrial en su deseo por integrar la parte académica e investigativa, con la industria, desea enfocarse en la creación o a su par, el diseño de células de producción o puestos de trabajos, considerándolos como nuevos puestos de aprendizaje eficiente, que ayudaran no solo al presente alumnado, sino también a los nuevos estudiantes, elevando incluso los niveles académicos y la formación al futuro profesional.

La herramienta que será utilizada, la cual es un programa/software de computadora llamado “FLEXSIM 3D Simulation Modeling and Analysis Software”, diseñado específicamente para la realización de simulaciones de dificultad media y con la capacidad de generar imágenes en tercera dimensión, el conjunto de procesos que se lleve a cargo o esté implicados en el desarrollo de un producto, generando imágenes y permitiendo observar datos desde una amplia visualización, los cuales se apegan a la realidad de las actividades laborales de los operadores, en este caso del estudiante, al momento de simular las actividades que posiblemente se realicen.

Es por esto que, en una primera fase para un posible proyecto de crear un taller de simulación de procesos, se requiere diseñar y simular una línea de producción,

teniendo en cuenta no solo la producción en un sistema tradicional, sino también incursionar en el desarrollo de sistemas flexibles de manufactura y en el mejoramiento del estudiante.

#### 4. BENEFICIARIOS:

**Tabla 1.** Beneficiarios directos

Numero	Motivo
493 estudiantes de la carrera de ingeniería industrial	Tendrán un aporte mayor a su preparación académica y también aportara a su perfil profesional.
27 docentes de la carrera de ingeniería industrial	Tendrán herramientas y métodos para la enseñanza de los estudiantes.

**Fuente:** Autores de Investigación.

**Tabla 2.** Beneficiarios indirectos

Numero	Motivo
152 Pequeñas y medianas empresas del cantón Latacunga	Tendrán profesionales con un grado de experiencia y conocimientos más sólidos en la industria.

**Fuente:** Superintendencia de compañía valores y seguros

## **5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACION.**

Las simulaciones de procesos en las Universidades resultan fundamentales para el aprendizaje significativo de los estudiantes en muchas áreas de conocimientos, en esencia se trata de la representación gráfica de la transformación de un producto de manera artificial, por lo tanto, pueden usarse en la enseñanza para estudiantes de Ingeniería Industrial para que el alumno experimente de forma continua con los conceptos teóricos que conforman parte de la asignatura. Son numerosas las universidades en el país que han creado laboratorios y grupos de trabajo exclusivamente orientados al estudio y desarrollo de tecnologías de simulación de procesos.

Actualmente los estudiantes de Ingeniería Industrial de la Universidad Técnica de Cotopaxi, no cuentan con un lugar propio donde puedan reforzar los conocimientos teóricos del área de producción manufacturera a través de la práctica, un claro ejemplo es el aprendizaje en simuladores, adicional a esto vivimos en constante competitividad profesional y con ello la experiencia en la industria es de gran importancia. Es por esto que se ve en la necesidad y como parte base del proyecto, es el diseño de células de trabajo en el cual se preténdete simular líneas de producción.

Con el diseño de células de producción o manufacturas, el alumno obtendrá el conocimiento de un entorno simulado, en el cual podrá visualizar, practicar y desarrollar capacidades de acción y decisión en situaciones apegadas a la vida laboral. La simulación consiste en situar a un estudiante en un contexto que imite algún aspecto de la realidad y en establecer en ese ambiente situaciones, problemáticas, similares a las que él deberá enfrentar en una industria, de forma independiente, durante las diferentes prácticas profesionales supervisadas o pasantías.

El Software a utilizar deberá permitir la simulación de manera intuitiva y simplificada en entornos de aprendizaje y procesos. En este caso la oferta del mercado es muy amplia existiendo simuladores de circuitos de procesos industriales, pero hay que identificar cual sería de gran ayuda para el proyecto.

### **5.1. Planteamiento del problema.**

El problema está basado en la falta de prácticas y simulación de procesos que permita identificar los diversos factores o ambientes de trabajo con células de producción en el taller de mecanizado en Ingeniería Industrial-UTC.

## 6. OBJETIVOS.

### General

Diseñar células de producción, a través de un software de simulación de procesos, que nos proporcionan la identificación, aprendizaje de actividades y tiempo empleado los cuales son necesarios en los procesos productivos.

### Específico

- Determinar la necesidad de diseño de células de producción para la simulación de procesos.
- Identificar los procesos o actividades que sean aptos para la simulación y el aprendizaje de los estudiantes, basados en la encuesta realizada.
- Crear las células de producción para el taller de mecanizado a través del software de simulación FLEXSIM.

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

**Tabla 3.** Actividades relacionadas a los objetivos planteados.

Objetivos	Actividad	Resultados	Medios de Verificación
Determinar la necesidad de diseño de células de producción para la simulación de procesos.	1. Identificación de las preguntas para la encuesta a los estudiantes.	Preguntas aptas y concretas para los estudiantes.	Encuesta terminada.
	2. Desarrollo de la encuesta a los estudiantes de la carrera de ingeniería industrial.	Encuestas realizada a los estudiantes.	Base de datos de la encuesta realizada.
	3. Evaluación de resultados y generación de conclusiones.	Encuestas evaluadas y con su respectiva conclusión.	Análisis de los resultados.

Identificar los procesos o actividades que sean aptos para la simulación y el aprendizaje de los estudiantes, basados en la encuesta realizada.	1. Selección de diseños apropiados para la simulación de procesos.	Diseños apropiados.	Orden de procesos por su tipo.
	2. Determinar los procesos del producto que se va a simular.	Descripción clara y detallada de cada proceso.	Lista de los componentes del producto.
	3. Realización de los diagramas de procesos.	Diagrama de procesos de cada célula de producción.	Diagramas de cada proceso.
Crear las células de producción para el taller de mecanizado, a través del software de simulación FLEXSIM.	1. Configuraciones técnicas de la simulación.	Desarrollo y conexión de los modelos de las células de producción.	Todas las conexiones necesarias.
	2. Configuraciones visuales de la simulación.	Desarrollo visual de las células de procesos.	Visualización de las células de producción.
	3. Simulación de las células de producción ya listas.	Simulación lista y funcionando.	Células de producción simuladas en el software.

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero.

## 8. MARCO TEORICO

En vista de la necesidad de obtener conocimientos los cuales nos servirá para poder desarrollar el presente trabajo, y esto se da a conocer a continuación:

### 8.1. Manufactura Celular

Nace a partir de la necesidad de realizar una producción masiva, surgiendo a partir del concepto de las tecnologías de grupo, los cuales fueron propuestos por Flandes en 1925, siendo parte incluso del modelo “Just in Time” de uno de los mayores fabricantes de autos en el mundo, como lo es Toyota.

#### 8.1.1. Acerca de la Manufactura Celular.

Una célula de Manufactura es un grupo de estaciones de trabajo, máquinas o equipos que son juntados y sincronizados de tal forma que resulte en un ensamble progresivo de una estación a otra sin tener que esperar un lote para completar la tarea. Las células pueden ser dedicadas a procesos, sub-ensambles o a un producto completo. (Quesada Campos, 2019)

La Manufactura Celular es el corazón del Lean Manufacturing, aumenta la productividad y asegura la calidad. Las células simplifican el flujo de material. La Manufactura celular parece simple, pero debajo de esta simplicidad engañosa están los sistemas Socio-Técnicos sofisticados. Su funcionamiento apropiado depende de interacciones sutiles de la gente y del equipo. Cada elemento debe caber con los otros en un funcionamiento, auto regulador y uno mismo-mejorar la operación. (Encarnacion Sotelo, 2017, pág. 7)

La visión de los procesos de manufactura en la cual el equipo y las estaciones de trabajo son combinados para facilitar la producción de pequeños lotes y mantener flujos de producción continuos. (Encarnacion Sotelo, 2017, pág. 7)

**Gráfico 1.** Ejemplo de célula de procesos o manufactura



**Fuente:** <http://trilogiq.es/app/uploads/2016/06/example-workcell-300x210-300x210.png>

Es importante conocer el concepto que nos ayudara a tomar decisiones y acciones que serán importantes en el trabajo, aclarando la importancia de su implementación, puesto que, en la actualidad, el usar una célula de trabajo que forma parte de un conjunto industrial o manufactura al desarrollar un producto, de lo cual requiere de varios pasos y actividades en general.

En cambio, una célula de manufactura, requiere de actividades asignadas que pueden ser parte de un conjunto, pero que se especifican a actividades concretas. Así, como anteriormente se menciona, la unión de varias células de manufactura puede crear un conjunto general con flujo continuo de estas actividades.

### **8.1.2. Selección de un buen proceso de manufactura.**

La selección del proceso es una decisión estratégica que involucra seleccionar qué tipos de procesos de producción debemos considerar. Una decisión esencial en el diseño de un sistema de producción es el proceso que se usará para hacer productos o brindar servicios. Esto involucra decisiones en campos tales como recursos humanos, equipos, materiales y tecnología, entre otros.

La selección de las entradas supone decidir sobre qué tipo de habilidades humanas y materias primas vamos a necesitar, cuáles operaciones se llevarán a cabo por trabajadores y cuáles por máquinas, qué servicios externos tomaremos, etc.; consistente con la estrategia de posicionamiento de la organización y su habilidad para obtener recursos.

En general podemos clasificar a los procesos básicamente como: (Gonzalez, Diseño y selección de procesos., SN)

- Proceso de fabricación: en estos casos hay cambios en la forma de las materias primas. Por ejemplo, en la transformación de una lámina metálica convirtiéndola en un envase.
- Procesos de ensamble: se produce un ensamble o combinación de partes para conformar un producto. Por ejemplo, en la industria automotriz, hay partes que se ensamblan para conformar un automóvil.

### **8.1.3. La Manufactura Celular para ayuda en procesos.**

Se menciona el concepto resaltado por Socconin, (2019) *“la manufactura celular se utiliza cuando necesitamos acortar los tiempos de respuesta de un proceso o de entrega*

*al cliente, mediante una mayor variedad y volúmenes bajos o medios de producción. Además, se utiliza cuando la demanda del mercado empieza a ser muy variable y la gama de productos demandados es mayor que antes”*

Resaltando la importancia de primeramente implementar actividades específicas en las células de manufactura que serán creadas, todo este trabajo tendrá como resultado un modelo de simulación que sea agradable para la mayoría de estudiantes, destacando los tiempos, procesos y actividades que conformaran a las células de producción.

#### **8.1.4. Lo que se debe hacer para implementar puestos de trabajo.**

Para el diseño de nuevos procesos se necesita de uno o dos meses, ya que no siempre se dispone de la información necesaria para apoyar el proyecto, y es necesario hacer investigación.

Si se trata de rediseñar procesos existentes, puede tomar de una a dos semanas, ya que es fácil recolectar la información necesaria y existen elementos para realizarlo en poco tiempo. Sin embargo, en algunas empresas, contadas, por cierto, este tiempo puede ser mayor debido a que el cambio de ubicación de las estaciones de trabajo puede requerir cimentaciones o instalaciones especiales. (Socconin, 2019)

Para las leyes establecidas en nuestro país, Ecuador, un puesto adecuado se debe regir a los puntos que se mencionan en el Decreto 2393, art 22. (IEES, 1986)

- Dos metros cuadrados de superficie por cada trabajador
- Seis metros cúbicos de volumen para cada trabajador.

Por ahora solo se tomarán en cuenta esos puntos para realizar los puestos de trabajo, aunque en el decreto mencionado, nos habla acerca de muchos otros puntos más, como lo es iluminación correcta, seguridad y manipulación de químicos, suelos seguros, pasillos, ventilación, pero contamos con que nuestro trabajo no vamos a crear un nuevo taller, porque en sí, ya lo tenemos en funcionamiento en la Universidad. Nuestro principal objetivo es aprovechar todos los implementos que cuenta el taller y así, crear un producto que pueda ser desarrollado por medio de una célula de trabajo.

#### **8.1.5. Diferentes tipos de células de manufactura.**

Las cuales son presentadas a continuación:

**a) Células reales:** Lo normal es que las células se creen efectivamente, es decir, que se formen células reales en las que la agrupación física de máquinas y trabajadores sea un hecho. En este caso, además de la necesaria identificación de las diferentes familias de productos y agrupación de equipos, deberá tenerse muy en cuenta la distribución interna de las células que puede tomar forma de distribución en planta por producto, por proceso o una mezcla de ambas, siendo más habitual la forma de distribución por producto. (Wolters Kluwer, (s.f))

**b) Células virtuales:** No obstante, en algunas ocasiones, se crean las denominadas células nominales o virtuales identificando y dedicando ciertos equipos a la producción de determinadas familias de productos terminados, pero sin llevar a cabo la agrupación física de aquellos dentro de una célula. En este caso no se requiere el análisis de la distribución, la organización se mantiene simplemente la distribución que tenía, limitándose el problema a la identificación de las familias y de esos equipos de trabajo. (Wolters Kluwer, (s.f))

**c) Células residuales:** Por último, pueden aparecer las denominadas células residuales que tienen lugar cuando existen algún ítem que no puede ser asociado a ninguna familia concreta o bien cuando los equipos de trabajo que no puedan incluirse en ninguna célula debido a su grado de especialización. (Wolters Kluwer, (s.f))

#### **8.1.6. Formación de las células de manufactura.**

La distribución en planta celular se desarrolla principalmente en tres fases que son las siguientes:

**a) Selección de familias de productos:** En relación a la selección de las familias de productos (primera fase) es necesario identificar cuál es la condición determinante que permita la agrupación de productos para su fabricación conjunta en una misma célula de fabricación. En algunos casos esta condición puede resultar obvia al tratarse de productos que presentan importantes similitudes en sus procesos de elaboración, pero en otros casos será necesario definir criterios tales como los materiales que se incorporan, el tamaño, las condiciones medioambientales requeridas, etc. (Wolters Kluwer, (s.f))

**b) Determinación de las células de fabricación:** Una vez determinadas las familias de productos, la formación de una célula para cada familia es la mejor solución. Ahora bien, en muchas ocasiones esta solución no es posible dado que es difícil definir las células sobre la base de idénticos requerimientos en el proceso de producción de las familias.

En esta situación, las cuatro aproximaciones que pueden ser utilizadas para identificar familias y células son las siguientes:

- Clasificación y codificación de todos los ítems y comparación de los mismos entre sí para identificar a las familias y posteriormente identificar las células de fabricación, así como los equipos que intervienen en el proceso productivo.
- Formación de las células por agrupación de máquinas.
- Formación de familias por similitud de rutas de fabricación.
- Identificación simultánea de familias y células fundamentada en la similitud entre productos en función de sus necesidades de equipos. (Wolters Kluwer, (s.f))

**c) Detallar la ordenación de las células de fabricación:** Una vez determinadas las células y las familias de productos que en cada una de ellas se van a elaborar, por último, es necesario detallar la distribución interna de las mismas. Dicha distribución será muy similar a la distribución en planta por producto. Así, el número de máquinas y el cuello de botella van a ser los determinantes de la capacidad productiva de cada una de las células; el manejo de materiales debe minimizarse y se buscará el equilibrio de la carga de trabajo en la medida de lo posible. (Wolters Kluwer, (s.f))

### **8.1.7. Ventajas de la distribución en planta celular**

Como ventajas principales de este tipo de distribución se pueden señalar.

- Reducción de los tiempos de cambio de la maquinaria, lo que implica una disminución en los tiempos de fabricación.
- Reducción del tiempo, así como de los costes de formación a los trabajadores.
- Reducción de los costes asociados al flujo de materiales.
- Reducción del nivel del inventario.
- Mayor facilidad a la hora de automatizar la producción.

- Mejora de las relaciones entre los trabajadores que componen una célula, lo que se traduce en mejoras de eficiencia y productividad. (Wolters Kluwer, (s.f))

### 8.1.8. Células de Trabajo personalizadas.

Las células de trabajo personalizadas son generalmente más grandes que un puesto de trabajo, pero no ocupan toda la planta de producción. Se utilizan para combinar un equipo de personas que comparten un objetivo común en un área específica, con la ventaja adicional de mejorar la comunicación y promover el trabajo en equipo. Las células de trabajo personalizadas se implementan a menudo en instalaciones de fabricación para mejorar el flujo de proceso, la calidad y la velocidad, y para reducir costes. (Chandavoine, 2016)

- **Ahorro de espacio:** Mover previamente varios puestos de trabajo y colocarlos en un área compacta permitirá ahorrar el espacio libre. El espacio ahorrado deja más sitio para las células adicionales, lo que aumenta la capacidad de producción. (Chandavoine, 2016)
- **Funcionalidad:** En una planta de fabricación, los equipos involucrados en el proceso de producción deben colocarse de manera que los productos que se producen avanzan sin problemas de una etapa a la siguiente. Esto es posible cuando el equipo se agrupa en células de trabajo que facilitan la progresión lógica de los productos que se producen – desde las materias primas en un extremo hasta el producto terminado en el otro. Del mismo modo, en el contexto de oficinas, las células de trabajo pueden facilitar la colaboración con una mejor comunicación y un uso más eficiente de los recursos compartidos. (Chandavoine, 2016)
- **Flexibilidad:** Una célula de trabajo personalizada combina los beneficios de una célula pre-diseñada con la flexibilidad de una solución personalizada. Esta flexibilidad permite a las cadenas de montaje evolucionar a un ritmo manejable, fácil de cambiar, haciendo de esta la solución perfecta para los fabricantes lean que estén a favor de un menor gasto de capital.
- **Calidad:** Con varios puestos en un área, los productos pasan menos tiempo viajando de un puesto a otro. Esto es importante para encontrar defectos

rápido. En lugar de tener el producto moviéndose hacia otra área de la planta y de sentarse durante un período prolongado antes de la inspección, viaja rápidamente de una célula a otra y los defectos se ven inmediatamente. Esto no sólo aumenta la calidad, sino que también ahorra tiempo y dinero. (Chandavoine, 2016)

Los puestos de trabajo antes estaban separados, ocupando más espacio en la planta, y añadiendo mudas de movimiento. Los componentes tenían que ser transportados de un puesto de trabajo a otro. Esta célula de trabajo permite que los componentes lleguen al siguiente operario de inmediato, ahorrando tiempo y esfuerzo.

La cercanía de los operarios y el movimiento constante de las piezas permite que los problemas de calidad se identifiquen rápidamente. Por ejemplo, cuando en los puestos de trabajo separados el operario del punto 1, trabaja en un aparato pequeño que va apilando y que finalmente traslada al operario 2, esto podría significar varias horas hasta que el operador 2 detectara un problema de calidad.

Mientras las células de trabajo no tienen que ser construidas juntas, podrá contar con un enfoque modular que permitirá que la célula tenga la flexibilidad de ser reconfigurada fácilmente, adaptándose a los cambios en la producción y los procesos, dando lugar a un mejor retorno de la inversión a largo plazo. (Chandavoine, 2016)

## **8.2. Simulación de Procesos**

### **8.2.1. Historia de la simulación de Procesos**

Los orígenes de la simulación están en la teoría de muestreo estadístico y análisis de sistemas físicos probabilísticos complejos. El aspecto común de ambos es el uso de números y muestras aleatorias para aproximar soluciones.

La primera aplicación conocida data de 1940, cuando Von Neumann y Ullman trabajaron sobre la simulación del flujo de neutrones para la construcción de la bomba atómica en el proyecto “Montecarlo”. La resolución experimental era demasiado costosa y el tratamiento analítico demasiado complejo. El método que utilizaron pasó a conocerse como “Análisis de Montecarlo”. Este método involucra la solución de un problema matemático no probabilístico, mediante la simulación de un proceso estocástico cuyos momentos o distribuciones de probabilidad satisfacen las relaciones matemáticas del problema no probabilístico.

En las décadas de los 50 y los 60 la simulación era una herramienta muy cara y sofisticada

solo al alcance de grandes corporaciones, principalmente en la industria del acero y la aeroespacial. Se utilizaban lenguajes de programación de la época, como por ejemplo el FORTRAN, y superordenadores, que, para hacerse una idea, eran menos potentes y rápidos que los ordenadores de sobremesa actuales.

Fue en los 70 y principios de los 80 cuando el uso de la simulación se expandió gracias a que la velocidad de los ordenadores iba en aumento y los costes disminuían. Comenzó a enseñarse en las universidades y se dio a conocer a un mayor número de empresas. Principalmente se utilizaba para averiguar las causas de accidentes de gravedad ocurridos en empresas.

En la segunda mitad de los 80 la simulación se asentó definitivamente gracias en gran parte a la aparición de los ordenadores personales y la animación. Además del análisis de accidentes, se empezó a utilizar también como herramienta previa al comienzo de la producción.

La madurez llegó en los 90, cuando muchas pequeñas empresas comenzaron a usar la simulación en etapas tempranas de sus proyectos, donde realmente podía tener mayor impacto. La llegada de los procesadores de alta velocidad amplió el número de aplicaciones, y con ello, el número de problemas teóricos y prácticos abordables.

Hoy en día, la simulación se realiza mediante ordenadores y software específico, siendo una poderosa técnica de resolución de problemas reales, como es el caso del proyecto que nos ocupa. Se experimenta con un modelo numéricamente, de forma que con los resultados puede obtenerse una estimación de las características del sistema.

A menudo se deben realizar una serie de suposiciones o simplificaciones que toman la forma de relaciones matemáticas o lógicas, constituyendo un modelo que va a ser usado para intentar comprender el comportamiento del sistema correspondiente. Se trata, en definitiva, de trasladar la realidad a reglas matemáticas que lo representen de la mejor forma posible.

Si las relaciones matemáticas que componen el modelo son suficientemente simples, es posible usar métodos matemáticos (tales como álgebra, cálculo o teoría de la probabilidad) para obtener una información exacta de las cuestiones de interés; a esto se le llama solución analítica. Sin embargo, la mayoría de los sistemas del mundo real son demasiado complejos y normalmente los modelos realistas de los mismos, no pueden evaluarse analíticamente. Lo que se puede hacer es estudiar dichos modelos mediante simulación.

### **8.2.2. Acerca de la simulación de procesos.**

Todos han escuchado hablar alguna vez sobre simulación de procesos, bien en programas de televisión, estudios, redes sociales y podríamos citar algún tipo de aplicación de la simulación sin demasiado esfuerzo, como por ejemplo un simulador de vuelo.

Sin embargo, a la hora de precisar con exactitud qué es la simulación no existe un acuerdo respecto a una definición precisa, por lo que existen muchas y variadas de diferentes autores. A continuación, se incluyen dos de las más habituales que aportan luz a nuestra pregunta:

Definió Robert E. Shannon, a la simulación como:

“es el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema y evaluar varias estrategias con las cuáles se puede operar el sistema”.

Definió Shubik, a la simulación como: “Simulación de un sistema (o un organismo) es la operación de un modelo (simulador), el cual es una representación del sistema. Este modelo puede someterse a manipulaciones que serían imposibles de realizar, demasiado costosas o no prácticas”.

### **8.2.3. La simulación por ordenador**

La simulación por ordenador intenta modelizar sistemas reales o hipotéticos por ordenador de forma que su funcionamiento puede ser estudiado y podemos predecir su comportamiento.

La historia y la evolución de la simulación por ordenador tomo rumbo paralelo a la evolución de la Informática. Sus orígenes los encontramos en la segunda Guerra Mundial cuando dos matemáticos, J.VNeumann y S.Ulam, tenían el reto de resolver un problema complejo relacionado con el comportamiento de los neutrones.

A partir de la década de los 60 empiezan a aparecer en el mercado programas de simulación de sistemas de acontecimientos discretos que poco a poco se empezaron a utilizar para resolver problemas de ámbito civil. Los más destacables fueron el GPSS de IBM (General Purpose System Simulator) y el SIMSCRIPT. Los modelos de acontecimientos discretos son muy utilizados en la actualidad para estudiar problemas de fabricación de procesos, logística, transporte, comunicaciones y servicios. Estos problemas se caracterizan por centrar su interés en los cambios que hay en el sistema

como consecuencia de los acontecimientos y en su capacidad para modelar los aspectos aleatorios del sistema.

La revolución que se produjo en la informática a partir de los años 80, tiene un impacto importante en la simulación por ordenador. El uso de simuladores se generaliza en prácticamente todos los ámbitos de la ciencia y la ingeniería, por ejemplo:

- **Predicción del tiempo:** el primer modelo numérico de predicción del tiempo que dio resultados positivos fue desarrollado por J. G. Charney, R. Fjörtoft y J. von Neumann con el ordenador "ENIAC" (Electronic Numerical Integrator and Computer). Desde entonces, y especialmente en las últimas dos décadas, se han popularizado estos simuladores para la predicción a corto y largo plazo del tiempo.

Finalmente, en los últimos años, el uso de la simulación se ha ampliado al sector del ocio y ha entrado en el ámbito familiar con productos de software sofisticado, que utilizan todos los recursos del ordenador: gráficos potentes, bases de datos, computación intensiva, etc. Algunos de los simuladores más populares son MS Flight Simulator, NASCAR Racing, SimCity, Civilization, RollerCoaster Tycoon, y The Sims.

#### **8.2.4. Utilidad de la simulación**

Desde su aparición, la técnica de simulación ha ocupado un lugar de privilegio entre las herramientas de investigación de operaciones.

Aun cuando se reconocían los enormes beneficios de la simulación como soporte a la toma de decisiones, las dificultades en la aplicación de esta técnica a la vida real de las compañías eran difíciles de realizar, ya que los modelos eran costosos de construir y validar, poco flexibles frente a condiciones inestables y habitualmente concebidos y manejados “por expertos”, no por operadores del sistema, de tal forma atentaban contra su efectiva aplicación a la problemática de las empresas.

En el campo de la logística, las principales aplicaciones de la simulación se centran en:

- Fenómenos de espera.
- Gestión de inventarios.
- Fiabilidad, mantenimiento y verificación de la calidad.
- Planificación, programación y Control de Proyectos.

La simulación de sistemas más popular es la de simuladores vuelo, combate, etc., o cualquier videojuego que esté programado para brindarle al usuario una sensación de realidad, como si fueran ellos mismos los que estuvieran en una misión real.

En general, se puede hablar de tres tipos de aplicaciones:

- **Experimentación:** Es un modelo de simulación que es necesario cuando la experimentación directa sobre el sistema real es muy costosa o imposible y cuando el objetivo es diseñar un nuevo sistema, dado que el modelo puede ir modificándose fácilmente hasta obtener el comportamiento deseado.
- **Predicción:** El modelo se puede usar para pronosticar el comportamiento del sistema real bajo ciertos estímulos. Se puede hacer así una evaluación de diferentes estrategias de acción.
- **Enseñanza:** adiestramiento de astronautas, en los juegos de negocios, etc.

Las áreas de aplicación de la simulación son diversas y muy numerosas. Para reflejar esta realidad, se dan a continuación diversos ejemplos de las aplicaciones de esta herramienta:

- Evaluación de los requerimientos hardware y software en un computador
- Diseños de sistemas de comunicación y protocolos de mensajes para ellos.
- Plantas productivas.
- Comportamiento del sistema inmunológico humano.
- Desarrollo de epidemias.
- Análisis medioambientales.
- Análisis financieros o sistemas económicos.
- Diseño y análisis en los sistemas de manufactura.
- Movimientos planetarios y evolución del universo.
- Crecimiento de poblaciones de especies animales.
- Evaluación de nuevas armas o tácticas militares.
- Determinación de distintas políticas para sistemas de inventario.
- Diseño y operación de sistemas de transporte tales como autopistas, aeropuertos, puertos, ferrocarriles, etc.
- Evaluación de diferentes diseños para organizaciones de servicios tales como hospitales,
- oficinas de correos, restaurantes de comida rápida, sucursales bancarias, etc.

#### **8.2.5. Factores teórico-prácticos que definen la simulación**

La simulación inicia con la creación de la imitación de un proceso real de cualquier naturaleza tal como de producción, administrativa, social, etc., por lo que esta imitación

para la experimentación, tiene como factores que la determinan:

- **Restricciones:** De manera general se puede decir que las restricciones son relaciones entre las variables de decisión y magnitudes que dan sentido a la solución del problema y las acotan a valores factibles, asimismo la construcción de herramientas matemáticas que las restrinjan o las modelen. Las restricciones son las limitaciones de operación que impone una variable, en un sólo sentido, sin afectar los límites del sistema. Una restricción puede ser impuesta por el propio diseñador del sistema o estar dada por la naturaleza de la variable.
- **Las variables:** Son las decisiones que afectan el objetivo del sistema, de manera directa a la optimización del sistema, por lo que sobre de ellas se tiene que manejar alternativas de incidencia y por tanto de su control. Para la formulación de un modelo de simulación, es necesario especificar las relaciones entre las variables. Los modelos de simulación consisten en variables de decisión, variables incontrolables y variables dependientes. Las variables de decisión están controladas por la persona que toma las decisiones y suelen cambiar de una a otra simulación, sin embargo, las variables incontrolables son eventos fortuitos que escapan al control de quienes toman las decisiones. Las variables dependientes reflejan los valores de las variables de decisión y los de las variables incontrolables.
- **El modelo:** La simulación de sistemas implica la construcción de modelos. El objetivo es averiguar qué pasaría en el sistema si acontecieran determinadas hipótesis.

Un modelo es una representación simplificada de la realidad diseñada para representar, conocer y predecir propiedades del objeto real.

Los modelos se construyen con la finalidad de estudiar el objeto real con más facilidad y deducir propiedades difíciles de observar en la realidad:

- Eliminando o simplificando componentes
- Cambiando las escalas espacial o temporal
- Variando las condiciones del entorno
- Evitando la actuación sobre el objeto real

- Representar objetos o procesos de estudio

Los modelos de simulación se suelen clasificar en distintos tipos de acuerdo con los siguientes criterios:

- **Modelo continuo:** Se define a través de ecuaciones diferenciales, ya que estas permiten conocer el comportamiento de las variables en un lapso de tiempo continuo, es decir, que las variables de estado cambian continuamente con respecto al tiempo.
- **Modelo discreto:** En este tipo de simulación los cambios de estado del sistema pueden representarse por medio de ecuaciones evaluadas en un punto determinado.
- **Modelos dinámicos:** El estado del sistema que se está estudiando varía a través del tiempo. Este tipo de simulación permite observar los cambios que ocurren en el estado del sistema durante cierto tiempo específico.
- **Modelos estáticos:** Este tipo de simulación representa un resultado bajo un conjunto de situaciones o condiciones determinadas y el efecto del tiempo no se tiene en cuenta.
- **Modelo determinístico:** Son relaciones constantes entre los cambios de las variables del modelo, es decir que tanto las variables de entrada como de salida son constantes.
- **Modelo probabilístico:** Tiene por lo menos una variable de entrada, la cual es independiente, y las variables de salida, que son dependientes. Ambas variables son aleatorias.

### 8.3. Software de análisis y modelado de simulación 3D

#### 8.3.1. Acerca de Flexsim.

Es un programa que permite la simulación de actividades, tareas que permiten el análisis, visualización y modificación de procesos relacionados con la manufactura de materiales o productos, permitiendo al usuario del sistema construir o diseñar un campo de eventos tridimensionales para obtener una mejor visualización del flujo de procesos. Flexsim es creado gracias al uso de la tecnología C++, Open GL, desarrollando simulaciones animadas de baja y mediana complejidad.

Flexsim Software Products es la compañía dueña del sistema de simulación. Esta cuenta con la versión base, y varias versiones dedicadas a otras actividades como la salud (FLEXSIM HC), Flexsim inicia sus actividades en 1993 con Bill Nordgren, Roger Hullinger, Cliff King, Eamonn Lavery, Anthony Johnson, siendo anteriormente conocida como F&H Simulations Inc, y en sus inicios desarrollaron el software Taylor II, y en el año 2000 inicio la construcción de un software propio con resultados obtenidos en 2003, año en el cual fue lanzada “Flexsim 3D Simulation Modeling and Analysis Software.

**Gráfico 2.** Logotipo de Flexsim.



**Fuente:** [www.flexsim.com](http://www.flexsim.com)

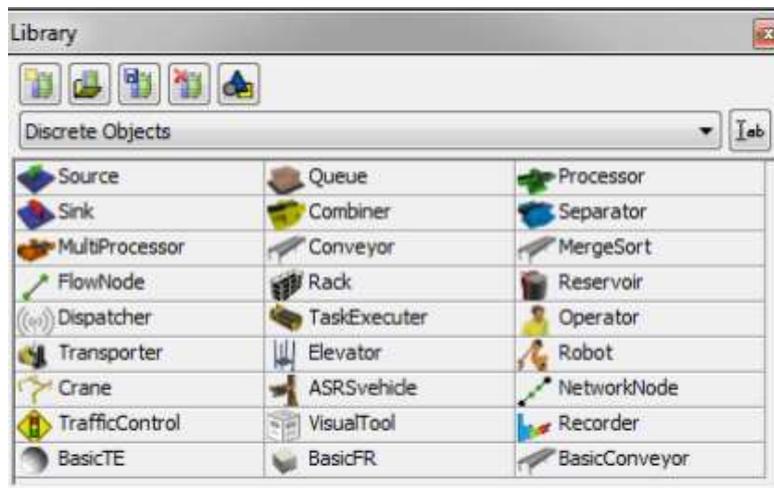
Los siguientes puntos enlistan algunas razones por las cuales FlexSim es una buena alternativa como herramienta en simulación:

- El software se orienta a objetos, lo que admite una mayor visualización del flujo de producción.
- Todo el proyecto se desarrolla en un ambiente tridimensional (3D), además permite importar infinidad de objetos de distintos paquetes de diseño, incluyendo AutoCAD, ProE, Solid Works, Catia 3D Studio, AC3D, Rivot, Google Sketch-Up, etc.
- Otra razón importante es que no sólo se pueden simular sistemas discretos, sino que también se admite la simulación de fluidos o modelos combinados continuo-discreto.
- La generación de distintos escenarios y condiciones variadas son fáciles de programar.
- Las distribuciones de probabilidad se pueden representar con gran precisión en lugar de valores promedio para mostrar fielmente la realidad.
- Las gráficas, los reportes y todo lo que se refiere a los estadísticos se puede revisar

a detalle

Flexsim cuenta con una gran variedad de opciones, que son utilizadas para el propósito de simulación, estas herramientas se muestran a continuación en la opción de librería.

**Gráfico 3.** Herramientas de librería Flexsim.

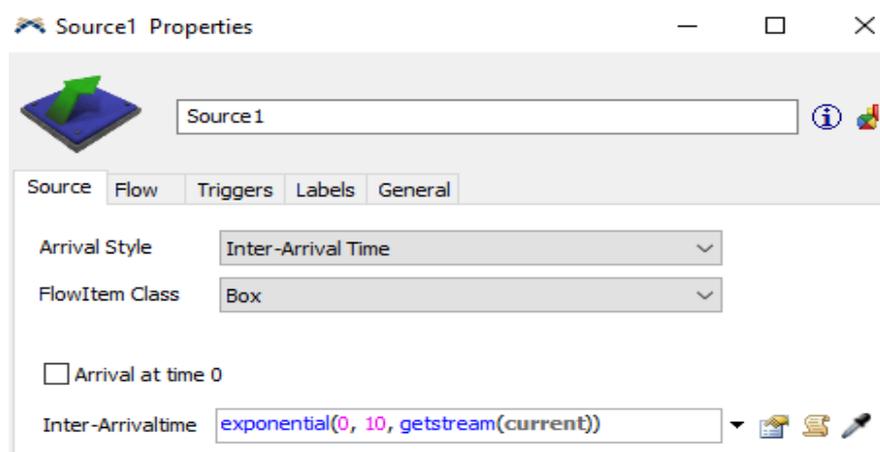


**Fuente:** (Ocampo & Pavón, 2012)

Explicaremos sobre aquellas herramientas y su utilidad para nuestro proyecto de investigación.

**Source:** Es una herramienta que define la creación, frecuencia de llegada y tiempo, se asigna propiedades como color, tipo y números de ItemTypes a los FlowItems. (Isaías, 2016, pág. 24)

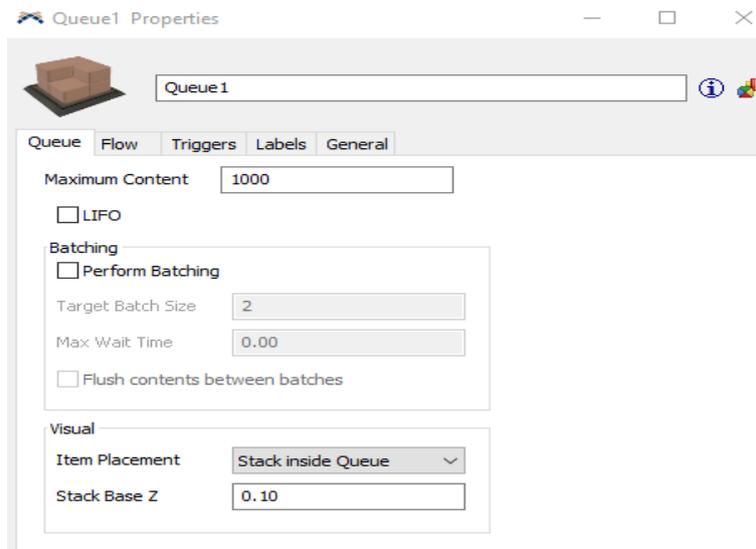
**Gráfico 4.** Ventana de propiedades Source.



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

**Queue:** Representa a las colas o líneas de espera de los FlowItems, siendo un paso obligatorio, y es donde se puede observar las líneas de espera.

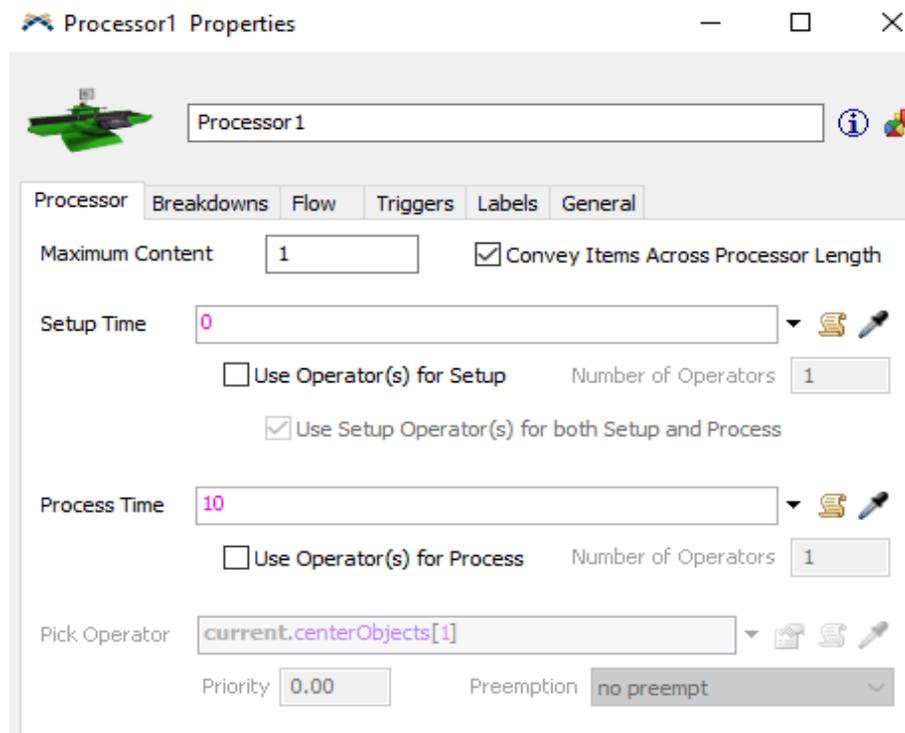
**Gráfico 5.** Ventana de propiedades Queue.



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

**Processor:** Es un lugar de operación donde se obliga a los FlowItems, a permanecer un tiempo de espera determinado. Este mismo puede procesar más de un FlowItem a la vez. En ellos se puede definir el flujo de los FlowItem, los Setups (tiempos de preparación), el Process Time (tiempos de operación), los Breakdowns (paros o mantenimientos) y es posible llamar desde aquí a uno o varios operadores para hacer estas funciones. (Isaías, 2016, pág. 25)

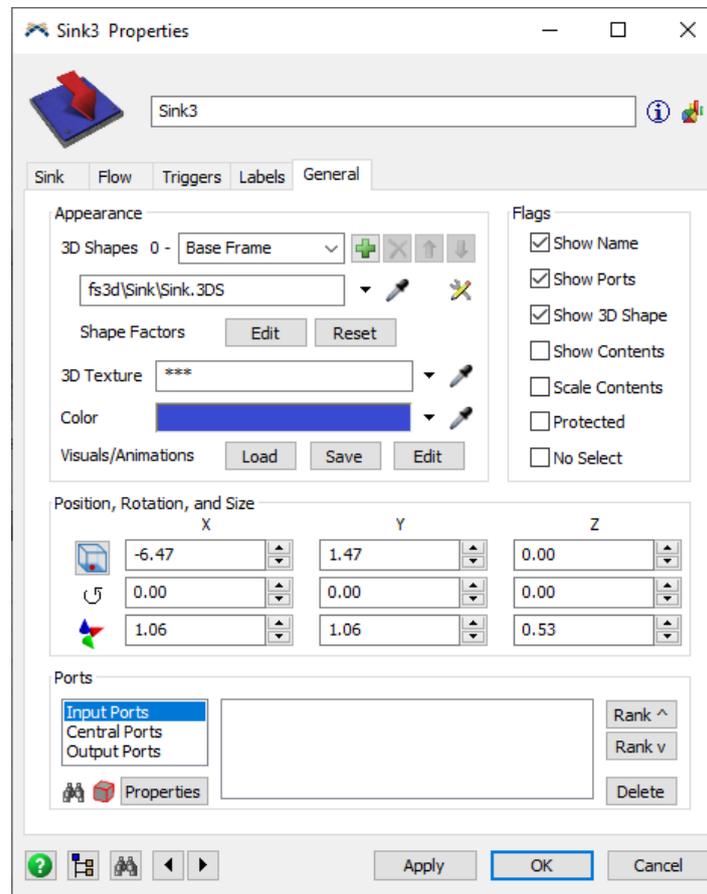
**Gráfico 6.** Ventana de propiedades Processor.



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero.

**Sink:** Es la herramienta de llegada de todos los FlowItems que finalizaron el recorrido de simulación.

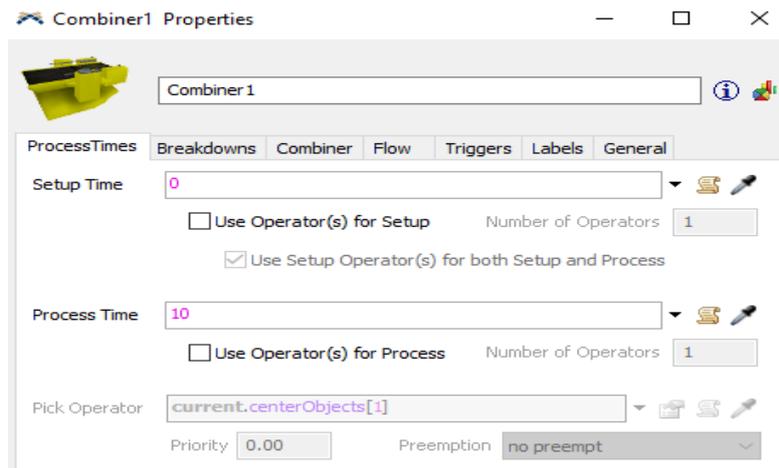
**Gráfico 7.** Ventana de propiedades Sink.



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero.

**Combiner:** Puede tanto unir (Join) los FlowItems definitivamente como empaarlos (Pack) dentro de algún contenedor o bien, es posible agruparlos en lotes (Batch), con la posibilidad de volverlos a separar en operaciones subsecuentes. De igual manera, el Combiner puede llamar a ciertos operadores durante los tiempos de preparación.

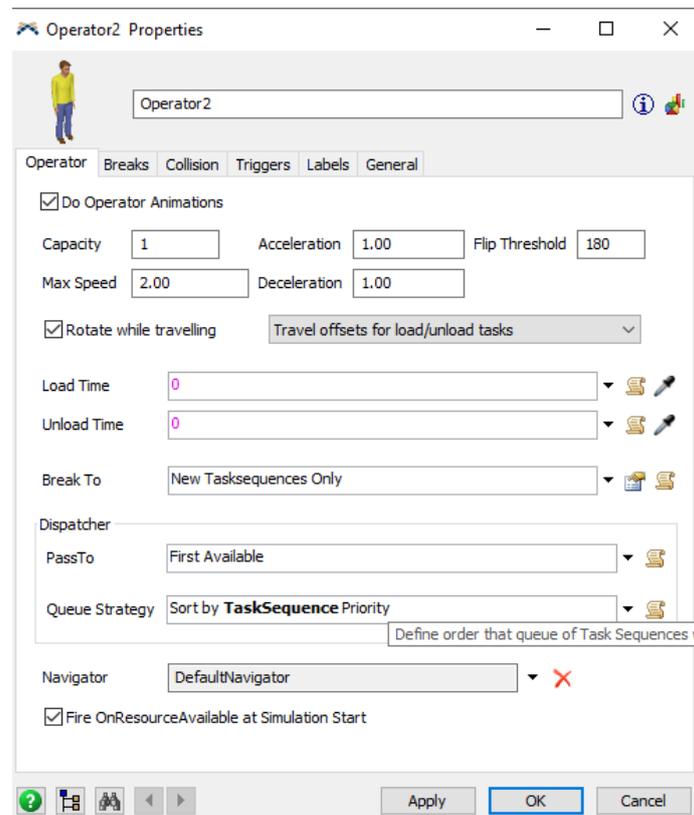
**Gráfico 8.** Ventana de propiedades Combiner.



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero.

**Operator:** Puede ser llamado para ser utilizado durante la preparación de un recurso fijo, el procesamiento o el tiempo de reparación. Los operadores permanecerán con el objeto que los llamo hasta que sean liberados, una vez liberados, pueden ir a trabajar con un objeto diferente si es necesario. (Isaías, 2016, pág. 25)

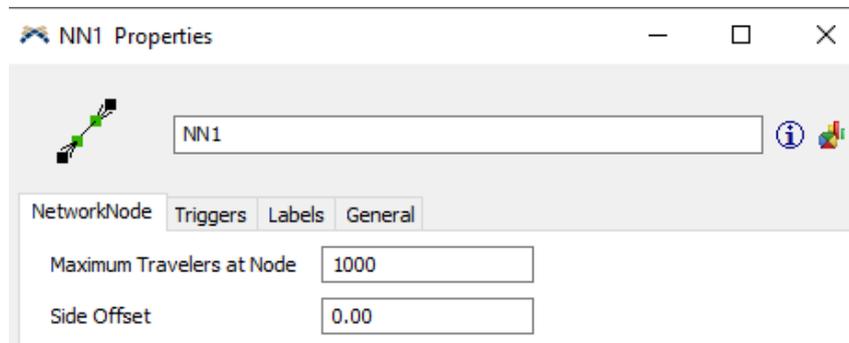
**Gráfico 9.** Ventana de propiedades Operator.



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero.

**NetworkNodes:** Utilizado para definir una red de caminos que los transportistas y operadores siguen. Las rutas se pueden modificar mediante puntos de Spline (ranura) para añadir curvatura a la trayectoria. De forma predeterminada, los recursos móviles que viajan en una red seguirán el camino más corto entre su origen y destino.

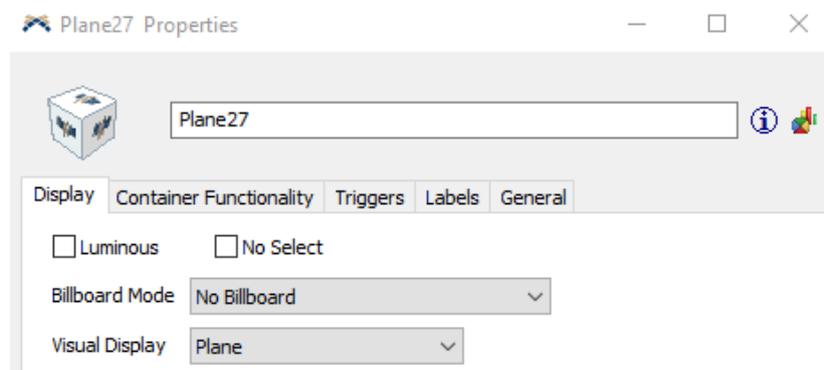
**Gráfico 10.** Ventana de propiedades NetworkNodes.



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

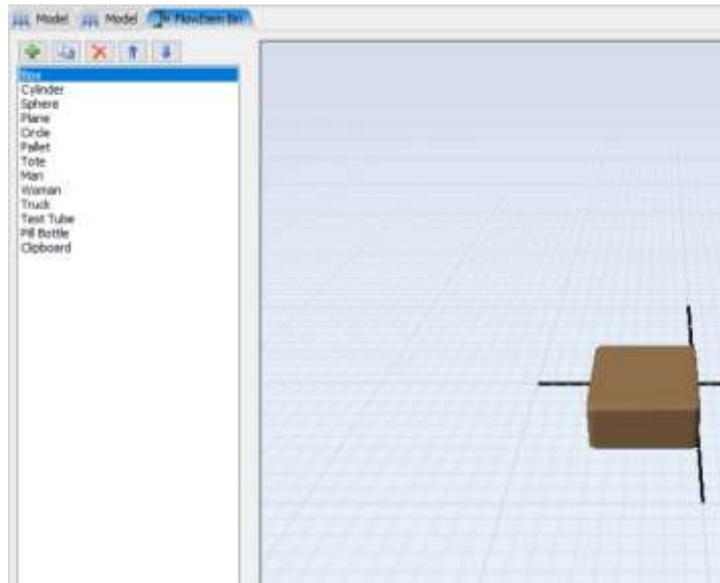
**Plane:** Es la herramienta por la cual se va importar un esquema necesario para una parte del proceso.

**Gráfico 11.** Ventana de propiedades Plane.



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero.

**Flow Items:** Es el término empleado para referirnos a las entidades o transacciones (como son llamadas en cualquier otro software de simulación). Son objetos o elementos dinámicos que entran, se mantienen o abandonan el sistema, fluyen por el sistema, se mueven alrededor, alteran o son alteradas, cambian de estatus o se transforman, son los responsables de que el estado del sistema cambie y afecte el desempeño del mismo. (Isaías, 2016, pág. 28)

**Gráfico 12.** Ventana de configuración FlowItem Bin.

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

### 8.3.2. Especificaciones recomendadas del sistema.

En la actualidad, ya se pueden contar con equipos de computación, más avanzados que en tiempos atrás. A partir de esto ya se puede generar un aprovechamiento máximo del potencial de FLEXSIM.

Para aprovechar las cualidades del software, los desarrolladores, nos comparten las especificaciones mínimas en cuanto de procesadores en los equipos, para así evitar errores en el software.

**Tabla 4.** Especificaciones mínimas recomendadas del sistema.

	Características mínimas	Características recomendadas
<b>CPU</b>	Cualquiera con procesador Intel o AMD	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Procesador Intel i7- 4790 o superior</li> <li>• Procesador AMD FX-9590 o superior</li> </ul>
<b>RAM</b>	4 GB de RAM	8 GB de RAM o más
<b>Gráficos</b>	Cualquier unidad de procesamiento gráfico que soporte OpenGL 3.1 o superior: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nvidia GeForce 300 series o superior</li> <li>• AMD Radeon R600 (HD 2xxx, HD 3xxx) series o superior</li> <li>• Intel HD 2000 o superior</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nvidia GeForce GTX 1060 o superior</li> <li>• AMD Radeon RX 480 o superior</li> </ul>
<b>Sistema operativo</b>	Windows 7,8,8.1 y 10.	Windows 10
<b>Arquitectura</b>	32 o 64 bits	64 bits

**Fuente:** (COLEDIDACTUCUM CIA. LTDA, 2020)

## 9. HIPÓTESIS

¿Cómo influye el diseño de células de producción en las actividades de aprendizaje de los estudiantes de Ingeniería Industrial por medio de la simulación en el software Flexsim?

## 10. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL.

### **Tipo de proyecto:**

#### **Proyecto de graduación Investigativo.**

El proyecto investigativo es de tipo técnico es un tipo de proyecto donde vamos a la investigación, identificación, evaluación, selección, diseño y simulación eficientemente los recursos técnicos en el software Flexsim, en el cual nos apoyaremos con resultados obtenidos en la investigación para la creación y simulación de células de producción.

#### **Propósito de la propuesta tecnológica:**

Generar solución a la simulación de procesos en la carrera de ingeniería industrial.

Es importante tomar en cuenta las necesidades de la simulación de procesos en el aprendizaje de los estudiantes por esta razón el diseño de células de producción.

### **Métodos y Técnicas.**

Los métodos investigativos ayudaron en el proceso de establecer los procedimientos que se irán desarrollando en el presente proyecto y serán los siguientes:

#### **Método analítico y sintético:**

Se utilizó el método para analizar la relación entre el problema planteado y las causas que los generaron, e interpretar resultados de la metodología y establecer el marco teórico experimental.

Además, se usó el método sintético inductivo, ya que se obtuvo los datos de investigación en la Carrera de ingeniería industrial, este nos permitió generalizar los resultados.

### **Técnica.**

**Escrita:** Esta técnica fue utilizada con la finalidad de obtener información más amplia acerca del tema investigado y para conocer más de cerca la situación que actualmente están pasando los estudiantes de la carrera.

## Instrumentos.

**Encuesta:** Es un instrumento de investigación que consiste en una serie de preguntas y otras indicaciones con el propósito de obtener información este instrumento se aplicará a los estudiantes de la carrera de ingeniería industrial mediante recursos tecnológicos.

**Tabla 5.** Técnica e instrumento.

No.	Técnica.	Instrumento
1	Escrito	Encuesta

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

## Identificación de preguntas que serán realizadas en la Encuesta.

La encuesta es únicamente dirigida hacia estudiantes de Ingeniería Industrial, con preguntas elaboradas para ser contestadas por una sola respuesta.

El propósito de la encuesta es obtener información que será necesaria para el desarrollo que tendrá el trabajo de investigación.

Para esto se ha diseñado las siguientes preguntas en formulario de borrador, para posibles correcciones, según lo muestra el gráfico 13.

**Gráfico 13.** Modelo de borrador para la encuesta.

<p><b>En qué nivel de carrera cursa actualmente.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 1er-3er semestre</li> <li>• 4to-6to semestre</li> <li>• 7mo-9no semestre</li> <li>• 10mo semestre</li> </ul> <p><b>Conoce acerca de algún un software de simulación.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si</li> <li>• No</li> </ul> <p><b>Usted ha manejado algún tipo de software de simulación.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si</li> <li>• No</li> </ul> <p><b>Cuál de estos softwares de simulación ha utilizado usted.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Autocad</li> <li>• SolidWorks</li> <li>• Sketchup</li> <li>• Otro</li> <li>• Ninguno</li> </ul>	<p><b>Considera cual sería la importancia de aprender más acerca del uso de un simulador.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Nada Importante.</li> <li>• Importante.</li> <li>• Muy Importante.</li> </ul> <p><b>Cree usted que un simulador aportará en el aprendizaje visual y practico acerca de procesos de producción.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si</li> <li>• No</li> </ul> <p><b>Cree usted que se pueden diseñar puestos de producción, en la carrera de Ingeniería Industrial.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Si</li> <li>• No</li> </ul> <p><b>Cual producto cree usted que se podría implementar en un proceso de producción simulado.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Juguetes</li> <li>• Muebles</li> <li>• Piezas industriales.</li> </ul>
---	--

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero.

Teniendo en cuenta la aprobación de las preguntas, se procede al siguiente paso.

### **Desarrollo de encuesta a los estudiantes.**

Para lograr esto necesitaremos antes, realizar un pequeño calculo, sobre el número de estudiantes en los que pueden ser encuestados.

Para esto necesitaremos desarrollar el tamaño de la muestra.

**Gráfico 14.** Fórmula para el tamaño de la muestra.

$$n = \frac{z^2(p * q)}{e^2 + \frac{(z^2(p * q))}{N}}$$

**Fuente:** (Pulmonsito, 2017)

En los cuales se representan en:

n.= Tamaño de la muestra = ¿

z.= Nivel de confianza = 97% = 2,24

p.= proporción de la población con la característica deseada = (0,5)

q.= proporción de la población sin la característica deseada = (0,5)

e.= nivel de error = 9% = (0,9)

N= tamaño de población = (493 total estudiantes Industrial)

$$n = \frac{2,24^2(0,5 * 0,5)}{0,9^2 + \frac{(2,24^2(0,5 * 0,5))}{493}}$$

$$n = 117,83 = 118$$

Con este número, se puede tener la idea de una cantidad de estudiantes, que serán encuestados, estos son de los diferentes niveles de estudio, con esto se logrará un mejor resultado.

El número total de encuestados, fueron de 145, los cuales se los realizo por la plataforma de Google Drive y únicamente permitiendo la respuesta de aquellos estudiantes que tienen su correo institucional, garantizando un buen resultado.

## Evaluación de resultados de la Encuesta.

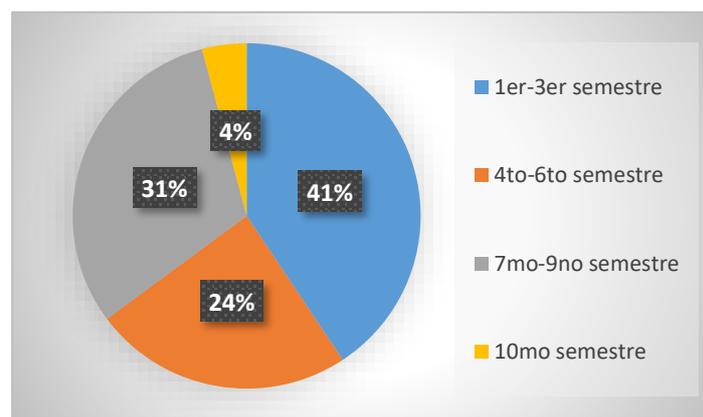
### 1. ¿Qué nivel de carrera cursa actualmente?

**Tabla 6.** Estadística de la pregunta 1.

1er-3er semestre	59
4to-6to semestre	35
7mo-9no semestre	45
10mo semestre	6

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

**Gráfico 15.** Porcentajes de la respuesta 1



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

#### **Análisis:**

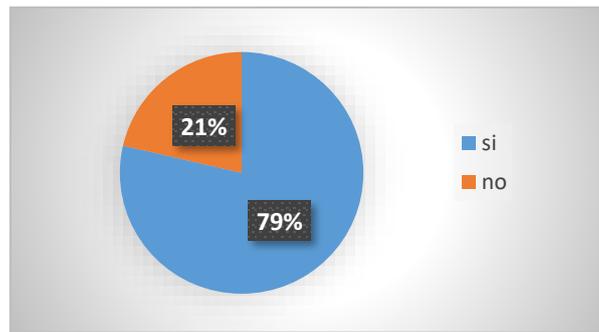
Se identificó que los estudiantes con mayor aporte en la investigación son los de 1er-3er semestre con el 41%, se puede decir que ellos son los estudiantes que más interés demuestran en aprender acerca de la simulación de procesos y en aprovechar al máximo el aprendizaje visual acerca de estas herramientas. En la actualidad la carrera cuenta con unos cuantos programas de simulación, pero sería un logro poder implementar programas que permitan aprender visualmente.

### 2. Conoce acerca de algún un software de simulación.

**Tabla 7.** Estadística de la pregunta 2.

si	114
no	31

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

**Gráfico 16.** Porcentajes de la respuesta 2

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

### **Análisis:**

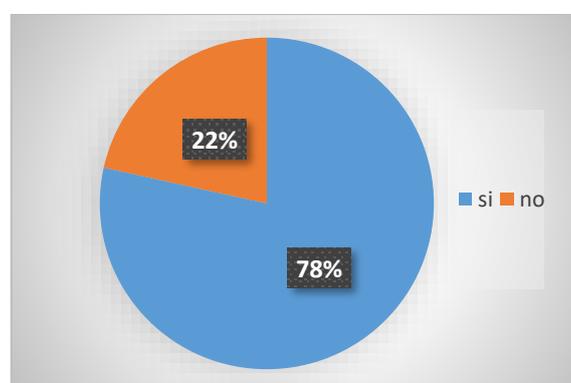
De acuerdo al resultado se observa que el 79% los estudiantes afirman conocer algún software de simulación, lo cual es satisfactorio ya que tienen conocimientos base para realizar la investigación en la encuesta, mientras que el 21% de los estudiantes niegan conocer algún software de simulación, pero de igual manera es importante saber su respuesta.

### **3. Usted ha manejado algún tipo de software de simulación.**

**Tabla 8.** Estadística de la pregunta 3.

si	113
no	31

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

**Gráfico 17.** Porcentajes de la respuesta 3

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

### **Análisis:**

Se puede interpretar que tenemos la gran ayuda o un punto a favor, que el 78% de estudiantes encuestados, a través de su respuesta, nos dan a entender que han manejado un tipo de software de simulación, o su vez ya cuentan con algo de conocimiento, este es

un factor muy positivo para la investigación, ya que, al realizar una propuesta de simulación, esta será muy bien recibida por la mayoría de estudiantes en la carrera.

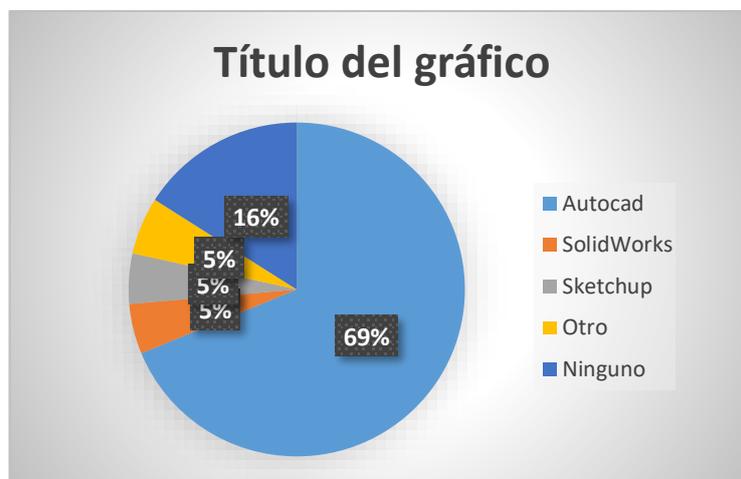
#### 4. Cuál de estos softwares de simulación ha utilizado usted.

**Tabla 9.** Estadística de la pregunta 4.

AutoCAD	99
SolidWorks	7
Sketchup	7
Otro	8
Ninguno	23

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

**Gráfico 18.** Porcentajes de la respuesta 4



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

#### **Análisis:**

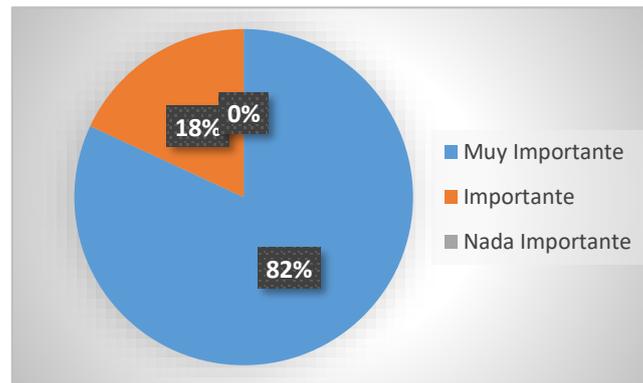
De acuerdo a la respuesta de los estudiantes, se puede notar que con el 69% el software más utilizado es AutoCAD lo cual es interesante ya que es una herramienta de diseño y creación de planos, este conocimiento servirá para la interpretación de lo que se trata de demostrar en el siguiente trabajo, también se nota que si hay estudiantes que han trabajado con los demás softwares muy cercanos a lo que se trata de simulación.

#### 5. Considera cual sería la importancia de aprender más acerca del uso de un simulador.

**Tabla 10.** Estadística de la pregunta 5.

Muy Importante	118
Importante	26
Nada Importante	0

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

**Gráfico 19.** Porcentajes de la respuesta 5

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

### **Análisis:**

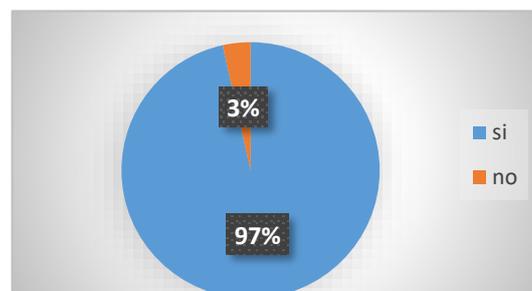
De los resultados obtenidos se interpreta el gran apoyo en el caso de aprender acerca del uso de un simulador, se puede decir que el interés es más que notorio, ya que los simuladores, son herramientas que ofrecen una variedad de perspectiva tanto como para el análisis de situación y así también como para hacer de ellas una fuente confiable de conocimiento.

### **6. Cree usted que un simulador aportará en el aprendizaje visual y practico acerca de procesos de producción.**

**Tabla 11.** Estadística de la pregunta 6.

si	139
no	5

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

**Gráfico 20.** Porcentajes de la respuesta 6

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

### **Análisis:**

Con la notable afirmación de los estudiantes podemos decir que las necesidades del diseño de las células de producción son importantes dentro de la carrera ya que esto servirá para

el aprendizaje de los estudiantes y para una mejor visión total de lo que trata la manufactura dentro de lo que es ingeniería industrial y así tener un poco de experiencia en producción.

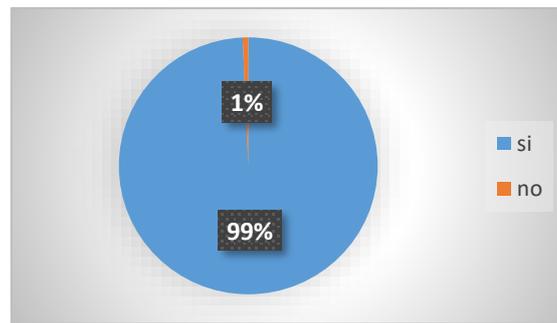
**7. Cree usted que se pueden diseñar puestos de producción, en la carrera de Ingeniería Industrial.**

**Tabla 12.** Estadística de la pregunta 7.

si	143
no	1

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

**Gráfico 21.** Porcentajes de la respuesta 7



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero.

**Análisis:**

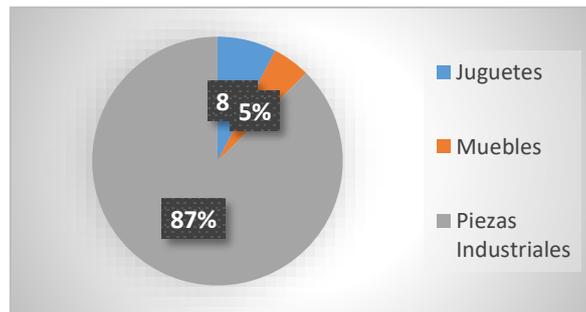
De acuerdo al porcentaje obtenido los estudiantes creen que si hay la necesidad de diseñar la célula de producción o puestos de trabajo ya que los ayudara directamente a entender materias que se cursa y será más fácil adaptarse a los procesos industriales más comunes como son el diseño y creación de diversos productos dentro de una línea de producción.

**8. Cuál de estos productos cree usted que se podría implementar en un proceso de producción simulado.**

**Tabla 13.** Estadística de la pregunta 8.

Juguetes	11
Muebles	7
Piezas Industriales	126

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

**Gráfico 22.** Porcentajes de la respuesta 8

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

**Análisis:**

Esta pregunta, es la que tiene más interés y determina la importancia de nuestra investigación, y es cierto que para el resultado mayor se lo lleva el simular el proceso de piezas industriales, ya sea engranajes, cilindros, ejes, entre otras que se pueden realizar en un taller de mecanizado. Pero vamos con la idea de que una pieza industrial, en su realización necesita cierta especificación, pero en nuestra propuesta de simulación, nos hemos concentrado en realizar la simulación de células de producción de un juguete, un triciclo en este caso. Para desarrollar esta propuesta, presentaremos las respectivas bases, para poder realizar este tipo de modelo de simulación.

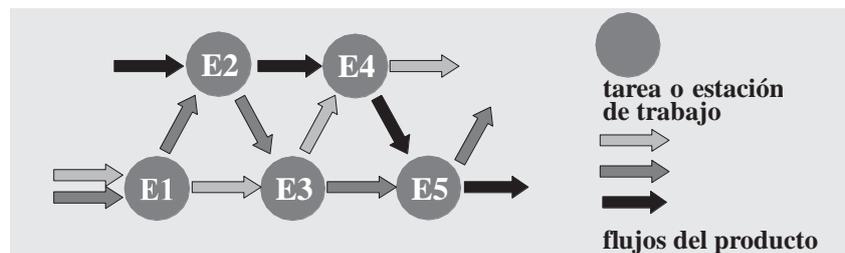
## 11. DESARROLLO DE LA PROPUESTA (ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS)

### 11.1. Selección del proceso a Simular.

Antes de considerar qué tipo de proceso vamos a seleccionar, debemos caracterizarlos de acuerdo a los tipos de flujo de cada proceso.

- **Proceso intermitente:** En estos procesos se logran volúmenes medios, pero con gran variedad de productos. Los productos entonces comparten recursos. Se produce un lote de productos y luego se cambia al siguiente. No hay una secuencia estándar de operaciones a través de las instalaciones.

**Gráfico 23.** Proceso intermitente, estaciones de trabajo.



**Fuente:** (Gonzalez, DISEÑO Y SELECCIÓN DE PROCESOS, SN)

En los procesos de fabricación intermitentes los operarios realizan su trabajo en máquinas especializadas tomando las piezas de un depósito intermedio y procesándolas en su estación de trabajo.

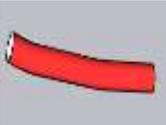
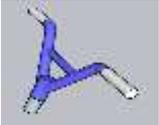
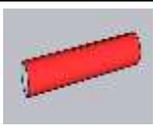
Hemos tomado este tipo de proceso, como base para nuestro modelo de simulación.

### 11.2. Procesos y componentes que se van a simular.

Teniendo en cuenta un modelo básico de un triciclo, al cual muchos estamos familiarizados, ya que muchas empresas fabrican ese producto de una manera diferente, pero a la final se llega a un solo objetivo, el cual, es el producto visual al que muchos estamos familiarizados. El producto es un triciclo para niños con una edad aproximada de 1 a 5 años.

Se elige este producto, es por la popularidad visual que tiene, al ser muy bien conocido. Por esta razón se procede a nombrar los componentes que tendrá nuestro producto que posteriormente será simulado su producción. (revise la tabla 14).

**Tabla 14.** Componentes para la propuesta

Componentes					
A	Tubo soporte 50mm (cuadro)		I	Manubrio	
B	Vainas apoyo L-R 38mm		J	Tija	
C	Tubo dirección 38mm (telescopio)		K	Soporte Empuje	
D	Estructura Asiento		L	Asiento	
E	Estructura reposo espaldar		M	Pedales	
F	Cilindro Ø 50mm		N	Manillar	
G	Cilindros Ø 38mm		O	Llantas traseras	
H	Tijera		P	Llanta delantera	

**Fuente:** Autores de Investigación.

Así también como hay un producto, se debe realizar los procesos que serán necesarios para su producción. Basándonos en los procesos que se realizan y con la disponibilidad de máquinas del taller de mecanizado, se realizan los siguientes procesos generales.

**Tabla 15.** Procesos necesarios.

Procesos			
1	Corte	6	Pintura
2	Doblado	7	Secado
3	Taladrado	8	Ensamble
4	Torneado.	9	Almacenamiento.
5	Soldado	-	-----

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

Estos procesos son necesarios, para el desarrollo de nuestra simulación, debido a sus beneficios que le otorgará al producto.

### 11.3. Desarrollo de los Diagramas de Procesos.

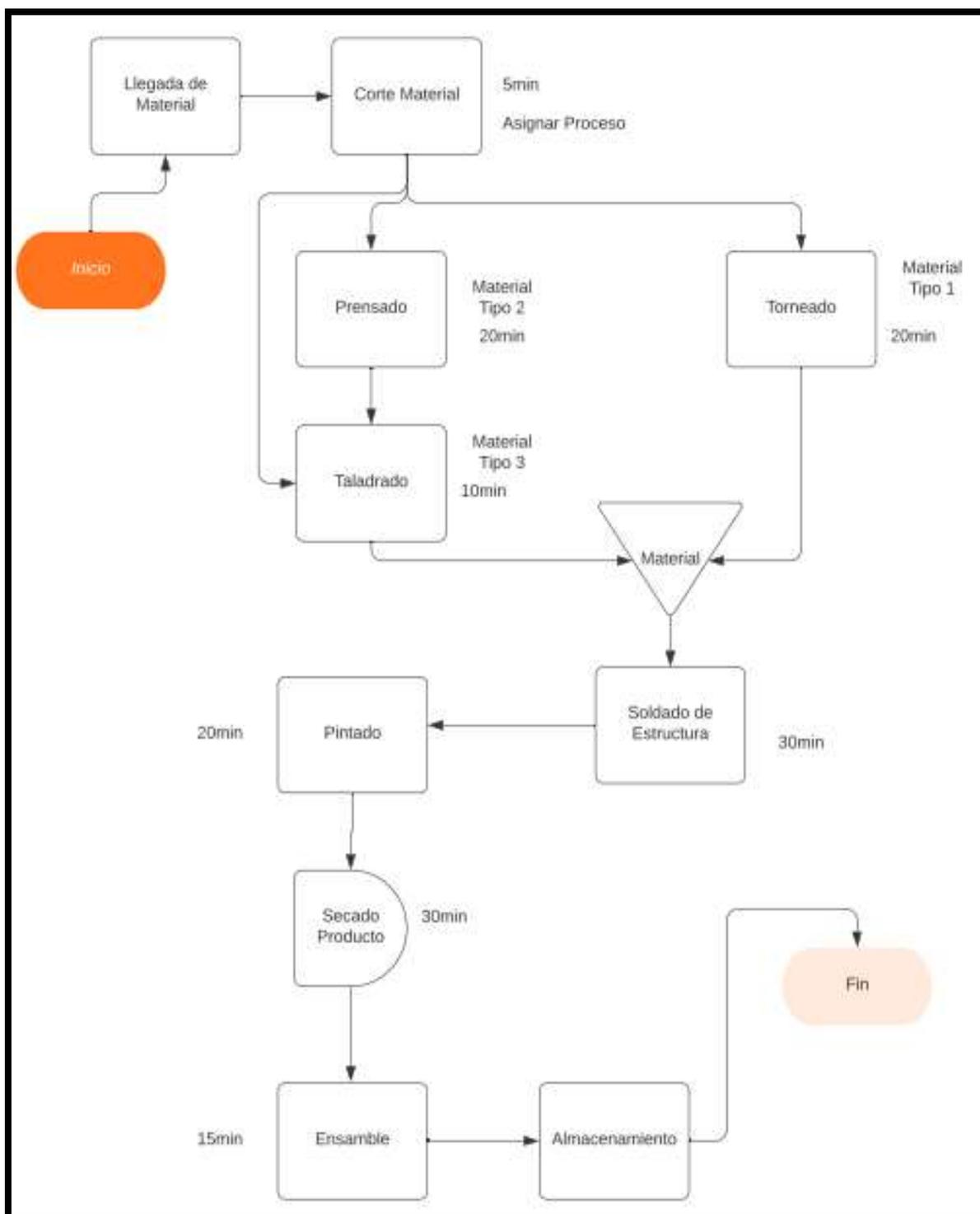
El ordenamiento de los procesos, será representado visualmente con un Flujograma de procesos. Esto permitirá ubicar los procesos e ir ordenándolos de manera que tenga una secuencia en sus procesos. (véase Gráfico 24).

Otra herramienta grafica que permitirá ayudarnos visualmente, en este caso con la ubicación y flujo de los componentes del producto (véase Tabla 14)., es el realizar un diagrama de precedencias (véase Gráfico 25).

Este diagrama permitirá distribuir los componentes, ayudar a designarles el tipo de procesos a los cuales serán desarrollados.

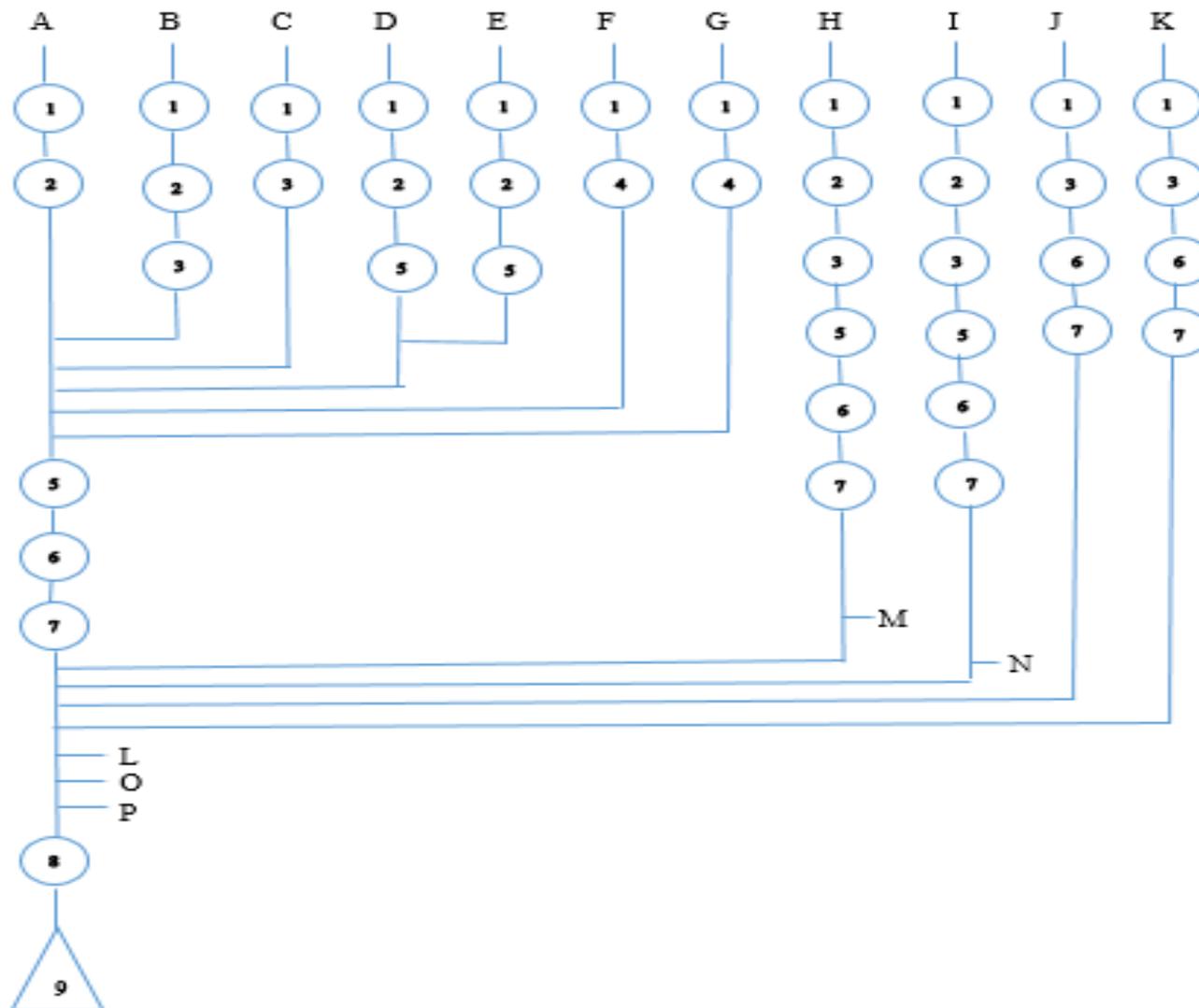
Luego realizaremos los Diagramas Analíticos de Procesos, los cuales desglosaremos las actividades que se realizaran en cada proceso y que tipo de actividad desarrollaremos en los materiales o componentes de nuestro producto a simular.

Gráfico 24. Flujo de Procesos.



Fuente: Marcelo Lomas y José Romero

Gráfico 25. Diagrama de precedencias de los componentes.



Fuente: Marcelo Lomas y José Romero

Tabla 16. Diagrama de proceso Corte

DIAGRAMA ANALITICO DE PROCESOS	PROCESO			MÁQUINA		HOJA N°	OPERADOR
	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje	1.1	
DESCRIPCIÓN	●	→	■	⌒	▽	Tiempo en segundos	Observación
Traslado a recoger el material para cortar	○	→	□	⌒	▽	20	
Preparar las herramientas para realizar la medición.	●	→	□	⌒	▽	20	
Marcar en el tubo de cilindro solido de Ø 50mm, marcar una distancia de 0,24 m.	●	→	□	⌒	▽	20	
Marcar en el tubo de cilindro solido de Ø 38mm, marcar dos distancias de 0,08 m.	●	→	□	⌒	▽	20	
Colocar el material a cortar y asegurarlo.	●	→	□	⌒	▽	20	
Encender la máquina de corte	●	→	□	⌒	▽	10	
Realizar el corte de los materiales.	●	→	□	⌒	▽	150	
Inspeccionar los materiales.	○	→	■	⌒	▽		No cuenta el tiempo
Apagar la máquina de corte y retirar los materiales.	●	→	□	⌒	▽	20	
Trasladar todo el material cortado, hasta la próxima Fila.	○	→	□	⌒	▽	20	
<b>TOTALES EN CANTIDAD</b>	7	2	1	0	0	<b>300</b>	

Fuente: Marcelo Lomas y José Romero

Tabla 17. Diagrama de proceso Corte

DIAGRAMA ANALITICO DE PROCESOS	PROCESO			MÁQUINA		HOJA N°	OPERADOR
	Corte					1.2	
DESCRIPCIÓN	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje	Tiempo en segundos	Observación
	●	→	■	⌒	▽		
Traslado a recoger el material para cortar	○	→	□	⌒	▽	20	
Preparar las herramientas para realizar la medición.	●	→	□	⌒	▽	20	
Marcar en el tubo de aluminio de Ø 50mm, marcar una distancia de 0,45m.	●	→	□	⌒	▽	10	
Marcar en el tubo de aluminio de Ø 38mm, marcar dos distancias de 0,30m, otras dos de 0,35m.	●	→	□	⌒	▽	10	
Marcar en el tubo de aluminio de Ø 25mm, marcar dos distancias de 0,30m y otras de 0,24m.	●	→	□	⌒	▽	10	
Marcar en el tubo de aluminio de Ø 12mm, marcar una distancia de 0,15m, otras dos de 0,12m, otra de 0,36m, otra de 0,18m, otra de 0,4m.	●	→	□	⌒	▽	15	
Colocar el material a cortar y asegurarlo.	●	→	□	⌒	▽	15	
Encender la máquina de corte	●	→	□	⌒	▽	10	
Realizar el corte de los materiales.	●	→	□	⌒	▽	150	
Inspeccionar los materiales.	○	→	■	⌒	▽		No cuenta el tiempo
Apagar la máquina de corte y retirar los materiales.	●	→	□	⌒	▽	20	
Trasladar todo el material cortado, hasta la próxima Fila.	○	→	□	⌒	▽	20	
<b>TOTALES EN CANTIDAD</b>	9	2	1	0	0	<b>300</b>	

Fuente: Marcelo Lomas y José Romero

Tabla 18. Diagrama de proceso Corte

DIAGRAMA ANALITICO DE PROCESOS	PROCESO			MÁQUINA		HOJA N°	OPERADOR
	Corte					1.3	
DESCRIPCIÓN	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje	Tiempo en segundos	Observación
	●	→	■	⌒	▽		
Traslado a recoger el material para cortar	○	→	□	⌒	▽	20	
Preparar las herramientas para realizar la medición.	●	→	□	⌒	▽	20	
Marcar en el tubo de aluminio de Ø 50mm, marcar una distancia de 0,1m	●	→	□	⌒	▽	20	
Marcar en el tubo de aluminio de Ø 38mm, marcar dos distancias de 0,1m.	●	→	□	⌒	▽	20	
Marcar en el tubo de aluminio de Ø 25mm, marcar una distancia de 0,15m, otra de 0,5m y otra de 0,3m.	●	→	□	⌒	▽	20	
Colocar el material a cortar y asegurarlo.	●	→	□	⌒	▽	10	
Encender la máquina de corte	●	→	□	⌒	▽	10	
Realizar el corte de los materiales.	●	→	□	⌒	▽	140	
Inspeccionar los materiales.	○	→	■	⌒	▽		No cuenta el tiempo
Apagar la máquina de corte y retirar los materiales.	●	→	□	⌒	▽	20	
Trasladar todo el material cortado, hasta la próxima Fila.	○	→	□	⌒	▽	20	
<b>TOTALES EN CANTIDAD</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>300</b>	

Fuente: Marcelo Lomas y José Romero

**Tabla 19.** Diagrama de proceso de doblado.

DIAGRAMA ANALITICO DE PROCESOS	PROCESO			MÁQUINA		HOJA N°	OPERADOR
	Doblado					2	
DESCRIPCIÓN	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje	Tiempo en segundos	Observación
	●	→	■	⌒	▽		
Traslado a recoger el material para doblar	○	→	□	⌒	▽	20	
Preparar los puntos a doblar de los materiales	●	→	□	⌒	▽	10	
Levantar el cilindro de prensado	●	→	□	⌒	▽	15	
Colocar tubo que será para soporte, ubicar el punto marcado a los 0,06m desde una esquina del tubo y doblar hasta formar un ángulo de 10° con el sobrante.	●	→	□	⌒	▽	115	
Levantar el cilindro de Doblado y retirar el material.	●	→	□	⌒	▽	30	
Colocar los tubos que servirán de Vainas de Apoyo de 38mm, ubicar el punto marcado a los 0,12m desde una esquina de los tubos, y doblar hasta formar un ángulo de 90° con el sobrante.	●	→	□	⌒	▽	115	
Levantar el cilindro de Doblado y retirar el material.	●	→	□	⌒	▽	30	
Colocar los tubos que servirán de Vainas de Soporte de 38mm, ubicar el punto marcado a los 0,18m desde una esquina de los tubos, y doblar hasta formar un ángulo de 10° con el sobrante, avanzar 0,08m desde el punto anterior doblado, y doblar nuevamente a 80° con el sobrante.	●	→	□	⌒	▽	115	

Inspeccionar el material							No cuenta el tiempo
Levantar el cilindro de Doblado y retirar el material.						30	
Colocar el tubo de Ø 12mm que servirán de estructura apoyo de Espaldar, ubicar el punto marcado a los 0,08m desde una esquina del tubo, y doblar hasta formar un ángulo de 90° con el sobrante, y realizar el mismo proceso desde la otra esquina del mismo tubo.						115	
Levantar el cilindro de Doblado y retirar el material.						30	
Colocar el tubo de Ø 38mm que servirán de estructura Tijeras, ubicar el punto marcado a los 0,04m desde una esquina del tubo, y doblar hasta formar un ángulo de 90° con el sobrante.						80	
Levantar el cilindro de Doblado y retirar el material.						30	
Colocar el tubo de Ø 25mm que servirán de estructura manubrio, ubicar el punto marcado a los 0,12m desde una esquina del tubo, y doblar hasta formar un ángulo de 130° con el sobrante.						115	
Inspeccionar el material							No cuenta el tiempo
Levantar el cilindro de Doblado y retirar el material.						30	
Trasladar el material doblado, hasta la siguiente fila.						20	
<b>TOTALES EN CANTIDAD</b>	14	2	2	0	0	<b>900</b>	

Fuente: Marcelo Lomas y José Romero

Tabla 20. Diagrama de proceso Taladrado.

DIAGRAMA ANALITICO DE PROCESOS	PROCESO			MÁQUINA		HOJA N°	OPERADOR
	Taladrado					3.1	
DESCRIPCIÓN	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje	Tiempo en segundos	Observación
	●	→	■	⌒	▽		
Traslado de material desde la fila, hasta esta área.	○	→	□	⌒	▽	20	
Preparar las mediciones para realizar el taladrado.	●	→	□	⌒	▽	20	
Marcar en el tubo de aluminio de Ø 38mm, marcar un punto a la distancia de 10mm desde un extremo del tubo.	●	→	□	⌒	▽	30	
Marcar en el tubo de aluminio de Ø 25mm, marcar un punto a la distancia de 10mm desde un extremo del tubo.	●	→	□	⌒	▽	30	
Ubicar en la porta brocas, una que sea N° ¼ inch.	●	→	□	⌒	▽	40	
Ajustar la broca.	●	→	□	⌒	▽	20	
Ubicar las piezas en la prensa, en centro del taladro.	●	→	□	⌒	▽	40	
Asegurar la pieza, ajustándola.	●	→	□	⌒	▽	20	
Encender el taladro, e ir bajando con la palanca, de manera que se pueda taladrar perfectamente.	●	→	□	⌒	▽	340	
Inspeccionar el material.	○	→	■	⌒	▽		No cuenta el tiempo
Detener la actividad del taladro y retirar el material.	●	→	□	⌒	▽	20	
Trasladar el material taladrado, hasta la siguiente fila.	○	→	□	⌒	▽	20	
<b>TOTALES EN CANTIDAD</b>	9	2	1	0	0	<b>600</b>	

Fuente: Marcelo Lomas y José Romero

Tabla 21. Diagrama de proceso Taladrado.

DIAGRAMA ANALITICO DE PROCESOS	PROCESO			MÁQUINA		HOJA N°	OPERADOR
	Taladrado					3.2	
DESCRIPCIÓN	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje	Tiempo en segundos	Observación
							
Traslado de material desde la fila, hasta esta área.						20	
Preparar las mediciones para realizar el taladrado.						20	
Marcar en el tubo de aluminio de Ø 38mm, marcar un punto a la distancia de 15mm desde un extremo del tubo.						30	
Marcar en el tubo de aluminio de Ø 12mm, marcar puntos, unos cuatro, separados a la distancia de 10mm desde un extremo del tubo.						30	
Ubicar en la porta brocas, una que sea N° ½ inch.						40	
Ajustar la broca.						20	
Ubicar las piezas en la prensa, en centro del taladro.						40	
Asegurar la pieza, ajustándola.						20	
Encender el taladro, e ir bajando con la palanca, de manera que se pueda taladrar y lubricar perfectamente.						340	
Inspeccionar los materiales.							No cuenta el tiempo
Detener la actividad del taladro y retirar el material.						20	
Trasladar el material taladrado, hasta la siguiente fila.						20	
<b>TOTALES EN CANTIDAD</b>	9	2	1	0	0	<b>600</b>	

Fuente: Marcelo Lomas y José Romero

Tabla 22. Diagrama de proceso Torneado.

DIAGRAMA ANALITICO DE PROCESOS	PROCESO			MÁQUINA		HOJA N°	OPERADOR
	Torneado					4	
DESCRIPCIÓN	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje	Tiempo en segundos	Observación
							
Traslado de materia para tornear.						20	
Ubicado y sujetado de cilindro solido de Ø 50mm en mandril del torno, usada para soporte de peso de estructura principal.						90	
Usar la broca centro, para ayudar en la fijación de la pieza.						70	
Usar el contrapunto para sujetar la pieza.						60	
Inspeccion de la pieza bien fijada y sujeta.						0	No cuenta el Tiempo
Encender el torno con una velocidad de 380rpm y realizar un lijado de la pieza con lija N°1200.						110	
Detener la actividad del torno y desmontar la pieza lijada.						60	
Inspeccion de la pieza lijada.						0	No cuenta el Tiempo
Ubicar y sujetar cilindro solido de Ø 38mm en Mandil del Torno, este cilindro se usará para el soporte de la Rueda y de la Vaina.						70	
Colocar la porta cuchillas en posición paralelo a la pieza, para realizar el refrentado de un extremo de la pieza.						60	

Inspeccion del cilindro ubicado y del porta cuchillas en posicion.						0	No cuenta el Tiempo
Realizar el refrentado a una profundidad de 5mm y con una medida desde el punto centro de 12mm a velocidad de 640rpm.						130	
Detener el torno y desmotar la pieza, para dar la vuelta a su otro extremo y sujetarla.						70	
Colocar la broca centro para marcar un punto que nos servirá de fijación para la pieza						40	
Cambiar la broca a una de 1/2 inch, y realizar el perforado de toda la pieza a 640rpm.						60	
Detener la actividad del torno y cambiar a el contrapunto para sujetar la pieza.						50	
Colocar la porta cuchillas en posición perpendicular a la pieza, para realizar el cilindrado.						60	
Realizar un señalamiento en línea de guía con la punta de la cuchilla y movimiento el Mandril con la mano, en la medida de 20mm de distancia desde la esquina.						50	
Realizar el proceso de cilindrado a una velocidad de 640rpm, con la reducción del diámetro a 30mm.						130	
Detener la actividad del torno y retirar la pieza						50	
Inspeccion de la pieza cilindrada.						0	No cuenta el Tiempo
Trasladar todo el material torneado, hasta la próxima Fila.						20	
<b>TOTALES EN CANTIDAD</b>	16	2	3	0	0	<b>1200</b>	

Fuente: Marcelo Lomas y José Romero

Tabla 23. Diagrama de proceso Suelta.

DIAGRAMA ANALITICO DE PROCESOS	PROCESO			MÁQUINA		HOJA N°	OPERADOR
	Suelta					5	
DESCRIPCIÓN	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje	Tiempo en segundos	Observación
	●	→	■	⌒	▽		
Trasladar el material que proviene de Torneado, hasta el área de Suelta.	○	→	□	⌒	▽	20	
Trasladar el material que proviene de Taladrado, hasta el área de Suelta.	●	→	□	⌒	▽	20	
Trasladar el material que proviene de Prensado-Taladrado, hasta el área de Suelta.	●	→	□	⌒	▽	20	
Realizar el soldado del tubo soporte con el tubo cilindro sólido y con el tubo telescopio.	●	→	□	⌒	▽	250	
Realizar el soldado de las partes que componen la estructura de las tijeras.	●	→	□	⌒	▽	255	
Realizar el soldado de las partes que componen la estructura del Asiento.	●	→	□	⌒	▽	350	
Realizar el soldado y armado de las partes que componen la estructura de las vainas, fijando al tubo de cilindro sólido.	●	→	□	⌒	▽	350	
Realizar el soldado de las partes que componen la estructura del apoyo de espaldar	●	→	□	⌒	▽	275	
Realizar el soldado de las partes que componen la estructura del soporte de empuje.	●	→	□	⌒	▽	250	
Inspeccion de todas las partes soldadas	○	→	■	⌒	▽	0	No cuenta el tiempo
Trasladar todo el material soldado, hasta la próxima Fila.	○	→	□	⌒	▽	10	
<b>TOTALES EN CANTIDAD</b>	8	2	1	0	0	<b>1800</b>	

Fuente: Marcelo Lomas y José Romero

Tabla 24. Diagrama de proceso Pintado.

DIAGRAMA ANALITICO DE PROCESOS	PROCESO			MÁQUINA		HOJA N°	OPERADOR
	Pintado					6.1	
DESCRIPCIÓN	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje	Tiempo en segundos	Observación
	●	→	■	⌋	▽		
Trasladar el material que proviene de Sueda, hasta esta área.	○	→	□	⌋	▽	20	
Preparar pintura celeste y ubicar en la Pistola.	●	→	□	⌋	▽	60	
Empapelar y cubrir partes que no sean parte de la Estructura del Asiento.	●	→	□	⌋	▽	50	
Realizar el pintado	●	→	□	⌋	▽	210	
Retirar el sobrante de pintura, retirar lo cubierto y limpiar la pistola.	●	→	□	⌋	▽	80	
Preparar pintura azul y ubicar en la Pistola.	●	→	□	⌋	▽	60	
Empapelar y cubrir partes que no sean parte de la estructura del manubrio y soporte de espaldar.	●	→	□	⌋	▽	50	
Realizar el pintado.	●	→	□	⌋	▽	200	
Retirar el sobrante de pintura, retirar lo cubierto y limpiar la pistola.	●	→	□	⌋	▽	70	
Preparar pintura roja y ubicar en la Pistola.	●	→	□	⌋	▽	60	
Empapelar y cubrir partes que no sean parte de la estructura del triciclo	●	→	□	⌋	▽	50	
Realizar el pintado.	●	→	□	⌋	▽	200	
Retirar el sobrante de pintura, retirar lo cubierto y limpiar la pistola.	●	→	□	⌋	▽	70	
Inspeccionar las partes pintadas.	○	→	■	⌋	▽	0	No cuenta el tiempo
Trasladar todo el material pintado, hasta la próxima Fila.	○	→	□	⌋	▽	20	
<b>TOTALES EN CANTIDAD</b>	12	2	1	0	0	<b>1200</b>	

Fuente: Marcelo Lomas y José Romero

Tabla 25. Diagrama de proceso Secado

DIAGRAMA ANALITICO DE PROCESOS	PROCESO			MÁQUINA		HOJA N°	OPERADOR
	Secado			-----		6.2	
DESCRIPCIÓN	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje	Tiempo en segundos	Observación
							
Separar las piezas.						20	
Dejar que los materiales reposen.						1780	
Inspeccionar los materiales.							No cuenta el tiempo
<b>TOTALES EN CANTIDAD</b>	1	0	1	1	0	<b>1800</b>	

Fuente: Marcelo Lomas y José Romero

Tabla 26. Diagrama de proceso Ensamble.

DIAGRAMA ANALITICO DE PROCESOS	PROCESO			MÁQUINA		HOJA N°	OPERADOR
	Ensamble						
DESCRIPCIÓN	Operación	Transporte	Inspección	Retraso	Almacenaje	Tiempo en segundos	Observación
							
Trasladar el material que se encontraba en secado, hasta esta área.						20	
Preparar las piezas que se van a ensamblar						60	
Acoplar las llantas traseras a los cilindros con un perno 1/2 inch, que atravesará y asegurará las ruedas.						200	
Acople y ajuste del manubrio en el tubo telescopio.						120	
Acople y ajuste de las tijeras en el tubo telescopio.						120	
Acople de los manillares, en el manubrio y en el soporte de espaldar.						50	
Acoplar la llanta delantera a las tijeras.						120	
Acoplar y asegurar el asiento a su soporte, con la ayuda de tornillos.						120	
Acople de los pedales en la llanta delantera.						60	
Inspenccion de ensamble							No cuenta el tiempo
Traslado del producto a su destino final.						20	
Almacenamiento del producto						10	
<b>TOTALES EN CANTIDAD</b>	<b>8</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>900</b>	

Fuente: Marcelo Lomas y José Romero

#### 11.4. Configuraciones Técnicas para el Proceso a Simular.

El trabajo, consta de la elaboración de un producto, para efectos de simulación, se procede a tomar en cuenta, el tipo de dificultad, a la cual se desarrollará, y la complejidad que esta la requiera.

Se dará comienzo a la simulación, dando clic en el logo tipo del programa, para poner en funcionamiento al simulador (véase Gráfico 26).

Una ventana, se abrirá visualmente, con varias opciones, en las cuales nos centraremos en seleccionar la opción de NEW MODEL, el cual nos permitirá empezar con el desarrollo del plano a simular (véase Gráfico 27).

**Gráfico 26.** icono de FlexSim



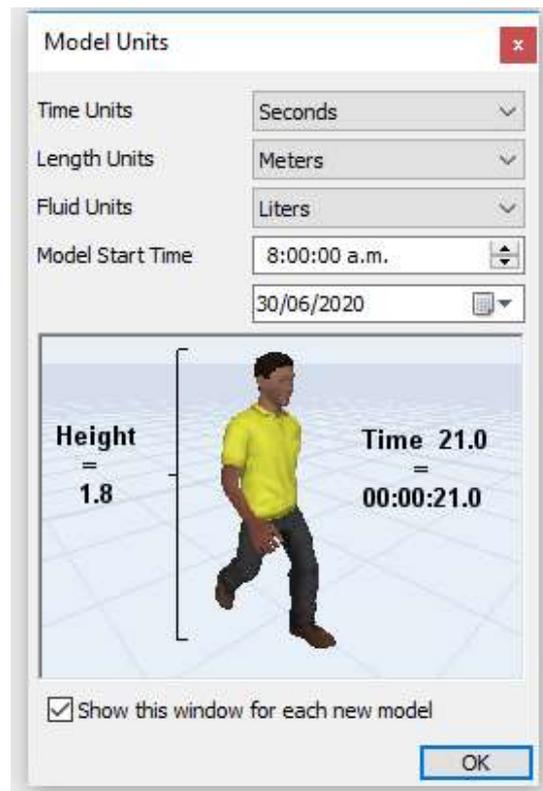
**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

**Gráfico 27.** Pantalla de inicio FlexSim



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

El siguiente paso, es dar clic en la opción OK, lo cual para esta simulación los valores se darán por defecto del programa. (seconds; milimeters; liters; 8am)

**Gráfico 28.** Configuración de unidades de flexSim

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

Para empezar a simular, debemos tener en cuenta, el propósito u objetivo, del proceso a simular, así mismo como el número de operadores, maquinas, entre otros campos a los cuales vamos a completar.

Para efecto de esta simulación, tendremos en cuenta:

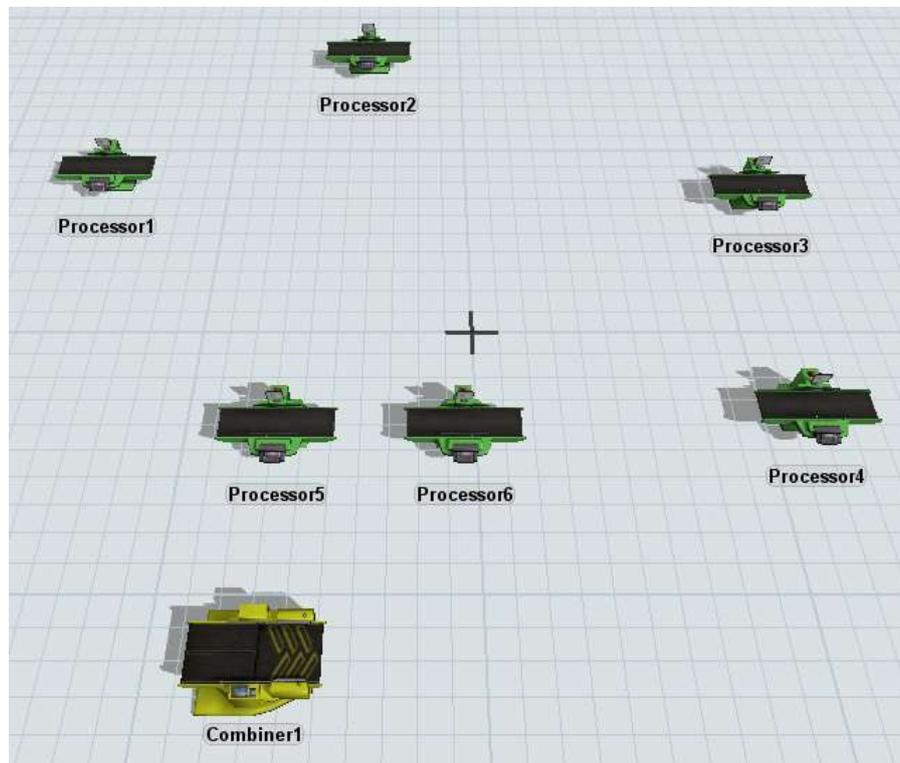
- 5 máquinas para procesamiento. (procesor)
- 1 máquina de combinación. (combiner)
- 1 llegada de material. (source)
- 1 salida de material (sink)
- 7 filas de espera (queue)
- 7 operadores (operator)

Una vez, seleccionado todos los elementos a usarse, se los ubica en forma que se visualmente, organizado de manera que el proceso represente fluides al inicio y al final de un proceso (véase Gráfico 29)

- Procesor 1(corte)
- Procesor 2 (doblado)

- Procesor 3 (taladrado)
- Procesor 4 (torneado)
- Procesor 5 (ensamblado)
- Combiner 1 (soldadura)

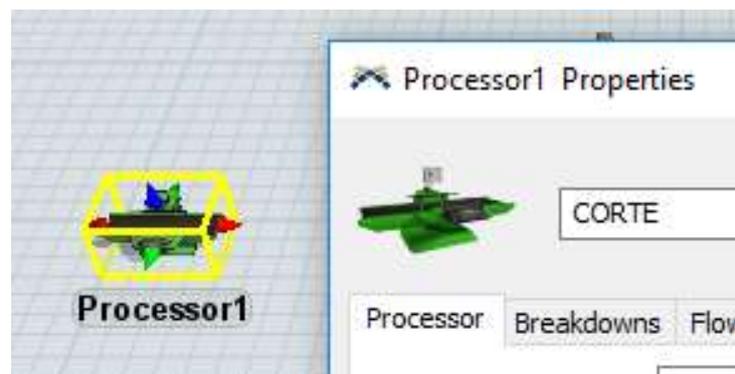
**Gráfico 29.** Ubicación de máquinas de procesos.



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

Dándole doble clic izquierdo en el icono del procesador, se abre una ventana en la cual se puede cambiar el nombre y propiedades de la máquina.

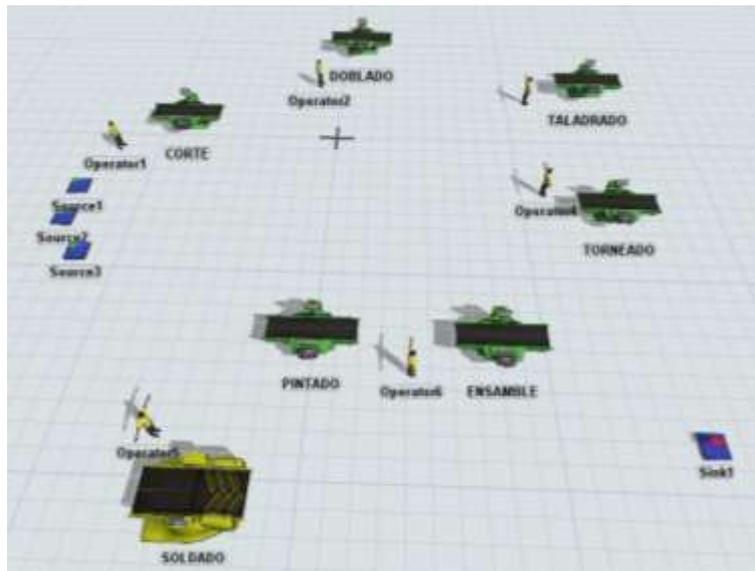
**Gráfico 30.** Designación de nombre de máquinas.



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

Así también procedemos a ubicar los iconos de los operadores, a lado de cada máquina (véase Gráfico 31).

**Gráfico 31.** Ubicación de operadores.



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero.

Se procede a ubicar las filas (queue), al terminar un proceso, los cuales tendrán las siguientes funciones en esta simulación.

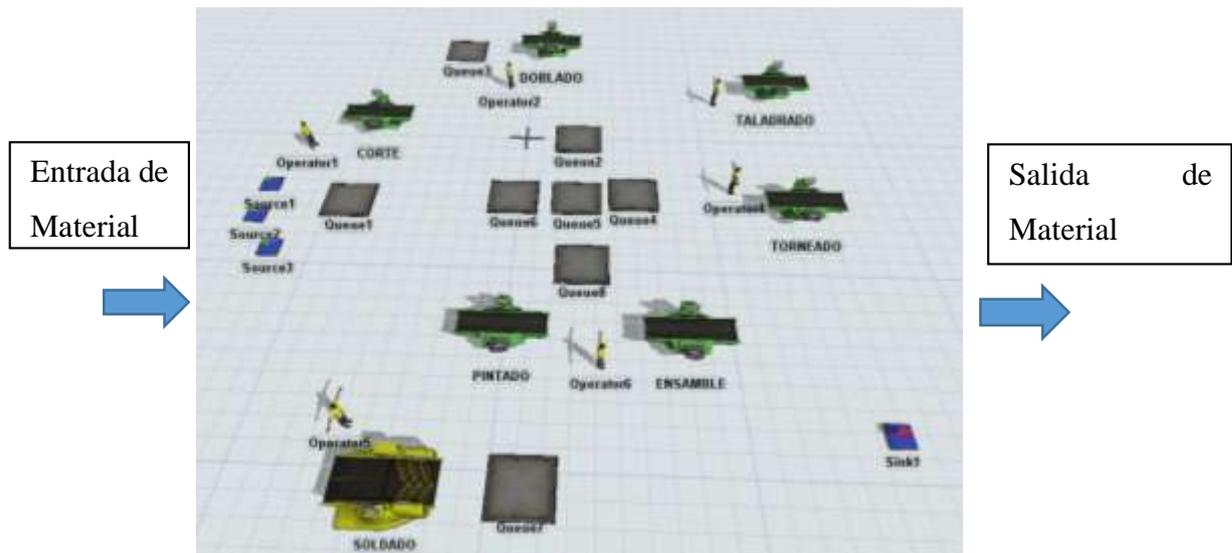
**Tabla 27.** Funciones de las Queue (Filas)

Herramienta	N°	Funcionamiento.	
		Entrada	Salida
Queue	1	Llegada de materia prima	Distribución hacia el proceso de suelda.
Queue	2	Recepción material del proceso de corte.	Distribución hacia las máquinas de torneado y taladrado
Queue	3	Recepción material del proceso de corte.	Distribución hacia proceso de doblado.
Queue	4	Recepción de material que sale de proceso de doblado.	Distribución hacia el proceso de suelda.
Queue	5	Recepción de material que sale de proceso de taladrado.	Distribución hacia el proceso de suelda.
Queue	6	Recepción de material que sale de proceso de torneado.	Distribución hacia el proceso de suelda..
Queue	7	Recepción de material que sale de proceso de suelda.	Distribución hacia el proceso de pintado.
Queue	8	Recepción de material que sale de proceso de pintado.	Distribución hacia el proceso de ensamble.

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero.

No hay que olvidar, adicionar y configurar la entrada y salida del material, con esto lograremos tener más ayuda visual (source and sink).

**Gráfico 32.** Flujo del procedimiento.



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero.

El siguiente proceso es el que requiere precisión, al unir los componentes de la simulación, y al programar a los mismos, ya que todo el proceso se realizara de manera fluida.

Lo cual se detallarán las conexiones paso a paso, y por proceso.

#### 11.4.1. Proceso de recepción de material, desde los source hasta el queue 1.

Pero antes de este proceso, es importante tener en cuenta, el FlowItem que surgirán como materia prima a procesar. En este caso, crearemos desde el simulador, 3 Items, los cuales, por efecto de simulación, obtendrán las siguientes características (véase Tabla 28).

**Tabla 28.** Configuración FlowItems para el proceso.

Herramienta	N°	Funcionamiento.			
		Ítems	Color	Tipo	Destino
Source	1	Caja 1	Azul	1	Torneado
Source	2	Caja 2	Verde	2	Doblado
Source	3	Caja 3	Amarillo	3	Taladrado

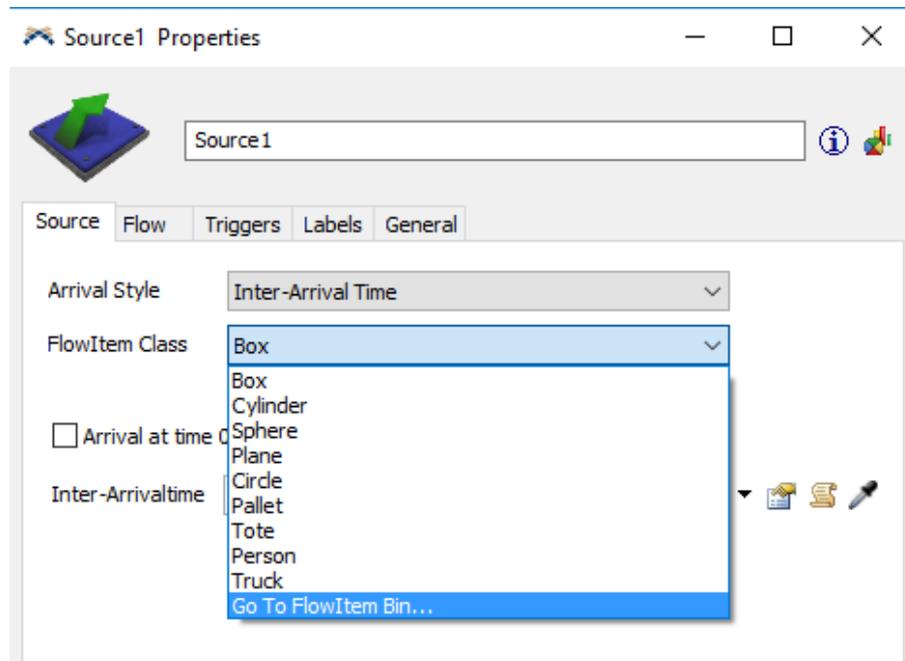
**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero.

Esta información nos servirá, para realizar las debidas configuraciones a nuestra simulación.

Realizaremos las creaciones de los FlowItems, y para tener acceso a estas opciones,

primero debemos seleccionar un source y ubicarlos preferencialmente cerca del queue 1. Dándole doble clic al icono source, se desplegará una ventana con las propiedades del source, en la cual seleccionaremos la pestaña de FlowItem Class, nos desplazamos hacia la opción “Go to FlowItem Bin”

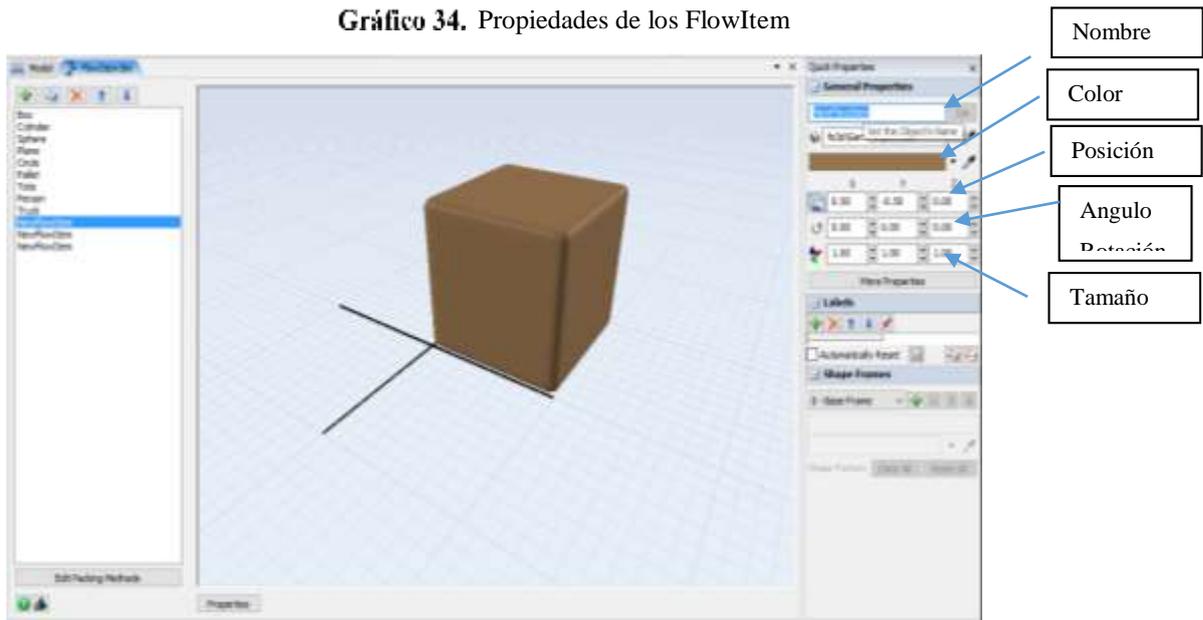
**Gráfico 33.** Ingreso a la ventana FlowItem Bin



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

Se abrirá una pestaña en la parte superior izquierda de nuestras pantallas, que lleva el nombre de “FlowItem Bin”. Ingresando a la misma pestaña, encontraremos un signo (+) de color verde, el cual nos permitirá crear varios Ítems, según lo necesitemos, lo cual, para nuestro caso de simulación, crearemos 3, desde la opción de “New Basic FlowItem”. Y seleccionaremos en cada uno, los colores deseados (véase Gráfico 34).

Y en cada uno de ellos, los nombraremos en orden, desde la selección de sus propiedades, según a nuestro gusto, ya sean en los ejes, X, Y, Z, y cambiaremos los colores desde la pestaña que contiene la pipeta de colores.

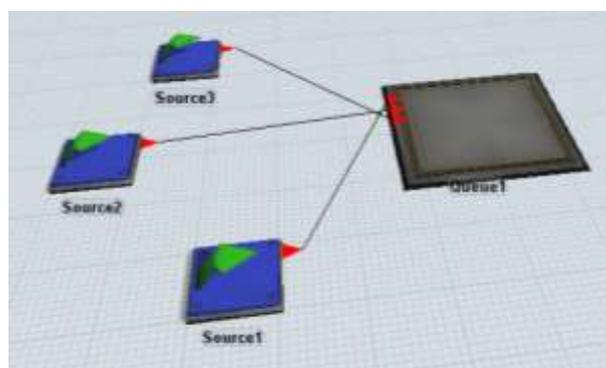
**Gráfico 34.** Propiedades de los FlowItem

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

Una vez realizadas las debidas configuraciones, a los elementos, esto nos servirá, para identificar, su destino y el tipo de proceso en el cuál se desarrollarán.

Ahora procedemos a configurar y añadir los “source” que nos hace falta para los 3 diferentes FlowItems que hemos creado.

Conectándolos debidamente al queue 1, apretando la letra “A” tomando la dirección del proceso, source hacia queue, es importante la dirección para que se realice el proceso correctamente (véase Gráfico 35).

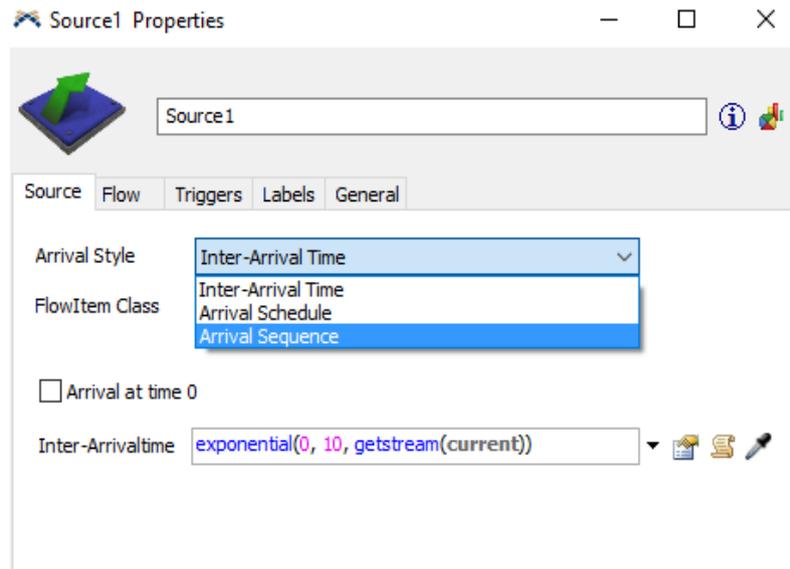
**Gráfico 35.** Conexión Source-Queue1

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

Para su configuración, se realizarán los siguientes pasos, igualmente en los 3 source. Seleccionando un source con doble clic en el icono, nos aparecerá la pestaña de sus propiedades, en las cuales nos centraremos, en las importates para este caso.

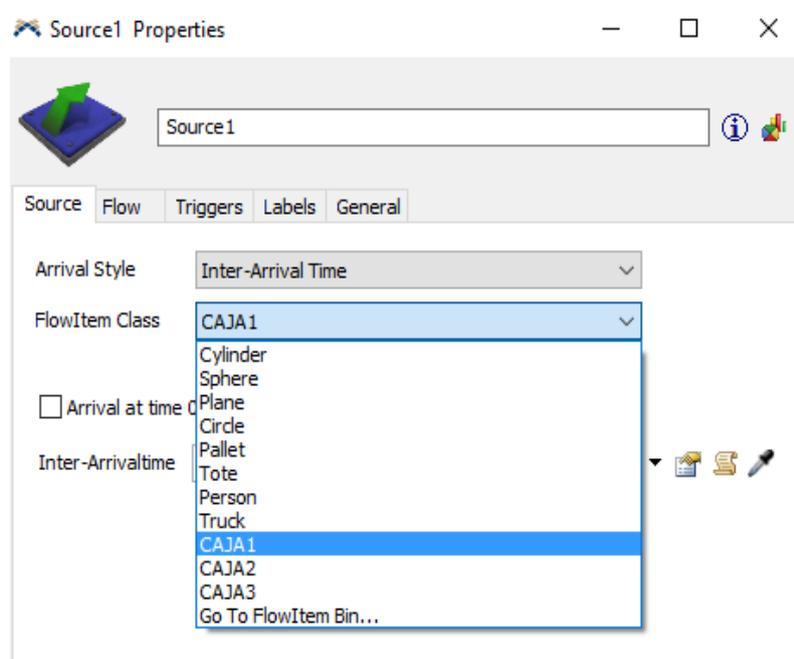
- En la opción, Arrival Time, dejaremos tal y como está por defecto, es decir, quedará en “Inter Arrival Time”, el cual nos permitirá que cada producto llegue a un cierto tiempo que el simulador tiene por defecto, en distribución exponencial de 10 (véase Gráfico 36).
- En la opción FlowItem Class, cambiaremos al Item que hemos configurado, en este caso, será la Caja 1 (véase Gráfico 37).

**Gráfico 36.** Configuración de Source- Inter Arrival Time.



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

**Gráfico 37.** Configuración de Source- Inter Arrival Time.

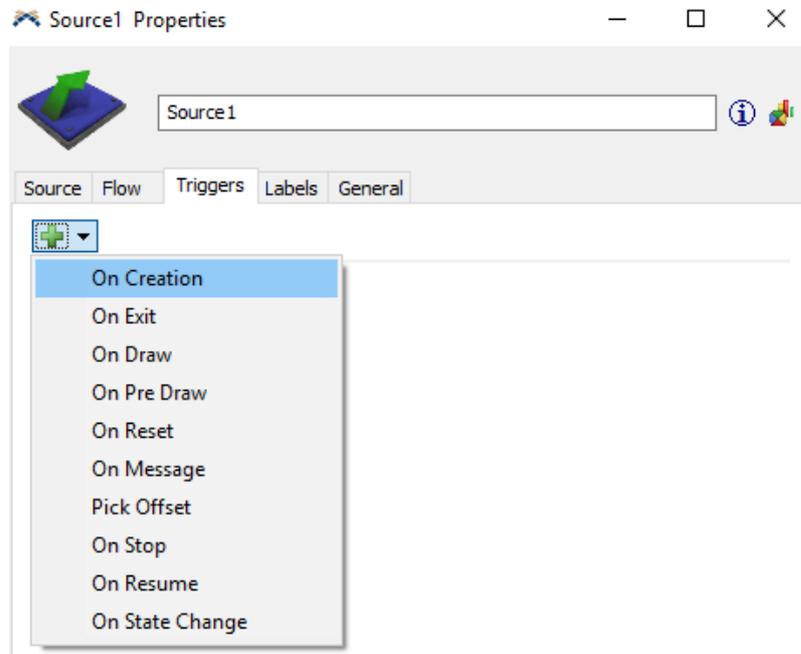


**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

Ahora realizaremos la configuración de asignación del tipo de material que será creado, para eso seguiremos los siguientes pasos.

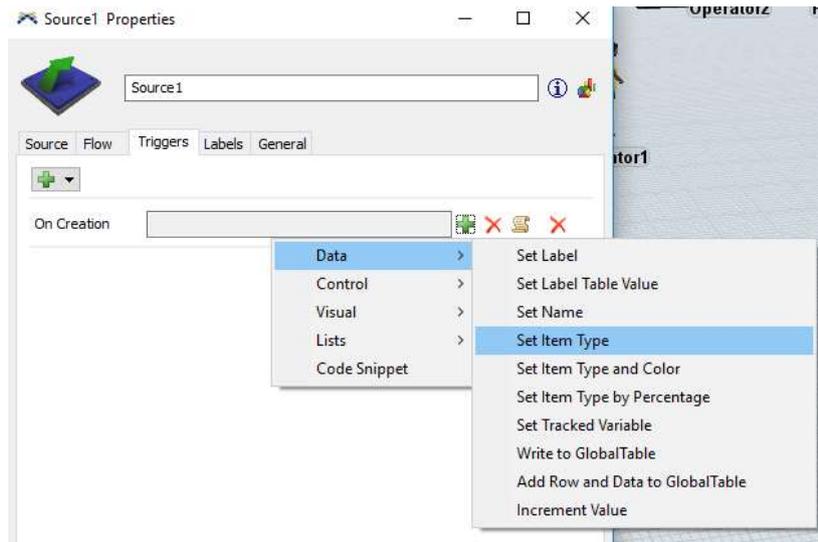
- En las propiedades del source, nos dirigimos en la parte superior a la pestaña de “triggers”, le damos clic al símbolo color verde (+), y seleccionar la opción de “On Creation”

**Gráfico 38.** Asignación de etiquetas para los FlowItem

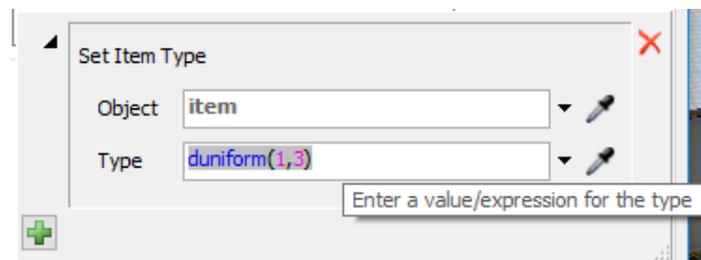


**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

- Se abrirá una pestaña la cual nos permitirá asignar una función, seleccionar el símbolo color verde (+), seleccionar la opción “data” y luego en “Set Ítem Type” (véase Gráfico 39).
- En esa ventana seleccionamos en la opción Type, su contenido, lo borramos todo y ubicamos el numero asignado (1). Luego le damos en la opción OK (véase Gráfico 40).

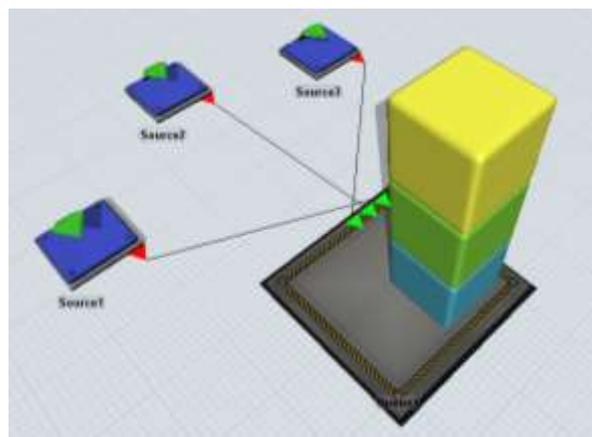
**Gráfico 39.** Designación de Set Ítem Type

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

**Gráfico 40.** Ubicación del numero de etiqueta.

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

- Así también, se realiza el mismo proceso a los demás source, 2 y 3, respectivamente. Luego probamos la simulación y vemos el resultado. De los FlowItems de 3 los colores que hemos configurado.

**Gráfico 41.** Resultado visual de asignación de etiquetas.

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

### 11.4.2. Conexión de Queue 1 a Processor 1.

Se debe tener en cuenta la dirección de la conexión, para que la simulación sea fluida, siendo parte de los elementos, los siguientes.

- 1 queue
- 2 operator
- 1 processor

Los cuales conectaremos en la dirección marcada a continuación.

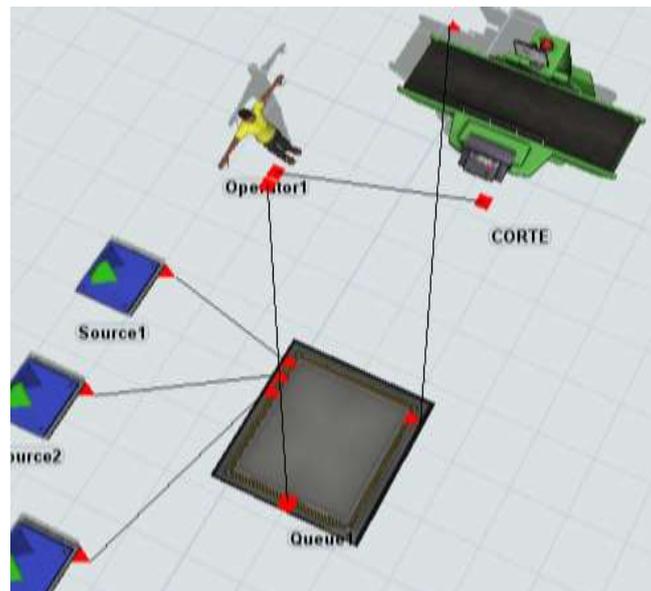
**Tabla 29.** Dirección de las conexiones de Queue 1 a Processor 1.

Desde	Hasta	Letra	Tipo de Conexión
Queue 1	Processor 1 (corte)	A	Conect Objects
Queue 1	Operator 1	S	Conect Center Ports
Procesor 1 (corte)	Operator 1	S	Conect Center Ports

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

Lo cual nos quedara el siguiente resultado (véase Gráfico 42).

**Gráfico 42.** Conexión de Queue 1 a Processor 1.



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

En la cual se notará, que las conexiones de flechas, son conexiones de objetos, y la de un cuadrado rojo, son la relación, objeto con operador.

Lo configuramos de la siguiente forma.

- Ingresando a la ventana de propiedades de Queue 1, encontraremos la pestaña de “Flow”, en la cual seleccionaremos la opción de “Use Transport” que, por efectos de simulación, el operador que conectamos al Queue 1, se encargará de transportar

los FlowItems hacia la operación de corte (processor 1), y le damos en OK (véase Gráfico 43).

**Gráfico 43.** Asignación de uso de transporte Queue 1.

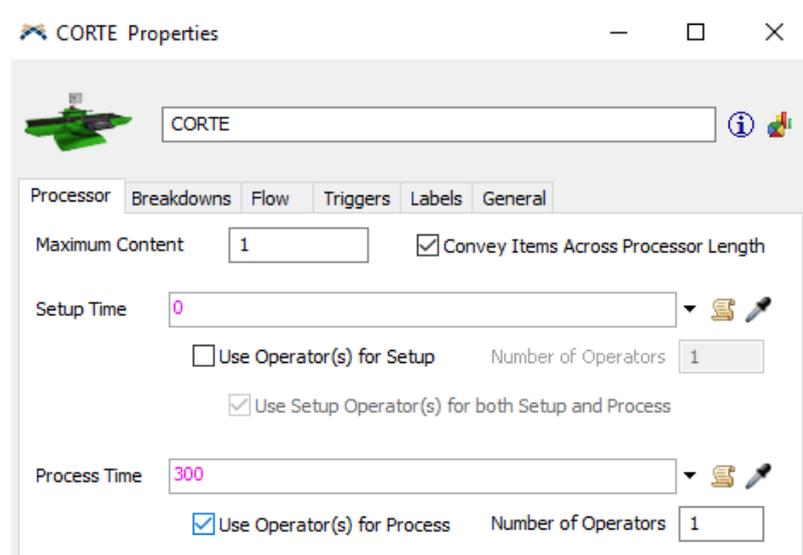


**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero.

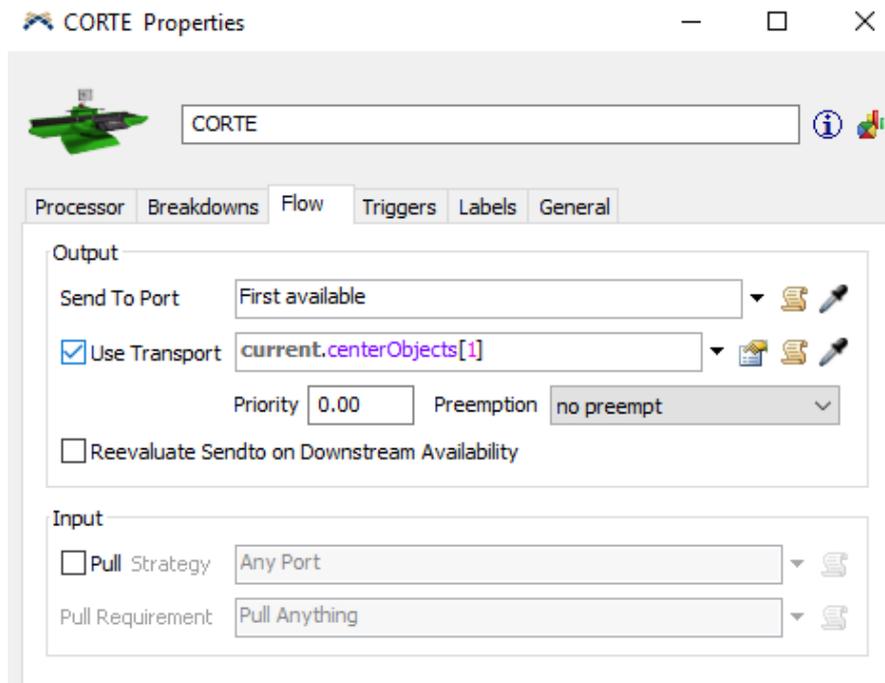
Ahora ingresamos a la ventana de propiedades del processor 1, realizaremos las siguientes configuraciones.

- En la pestaña de Processor, en la opción de “Process Time” otorgaremos el tiempo de demora en el proceso (corte), la cual se encuentra en segundos, y para este caso de simulación, será de 300seg (5min), y marcaremos la opción que esta abajo, en use operator y OK (véase Gráfico 44).
- En la pestaña de “Flow”, en el recuadro que pertenece a “Output” dejaremos todas las opciones, tal y como se encuentra, y solo seleccionaremos en “use transport” y OK (véase Gráfico 45).

**Gráfico 44.** Asignación uso de Operador en Processor 1



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

**Gráfico 45.** Asignación uso de Transporte en Processor 1

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero.

### 11.4.3. Operaciones desde Processor 1 a Queue 2 y 3.

Aplicando las conexiones de Objetos, que se realiza con la letra A, conectaremos en el siguiente orden (véase Tabla 30).

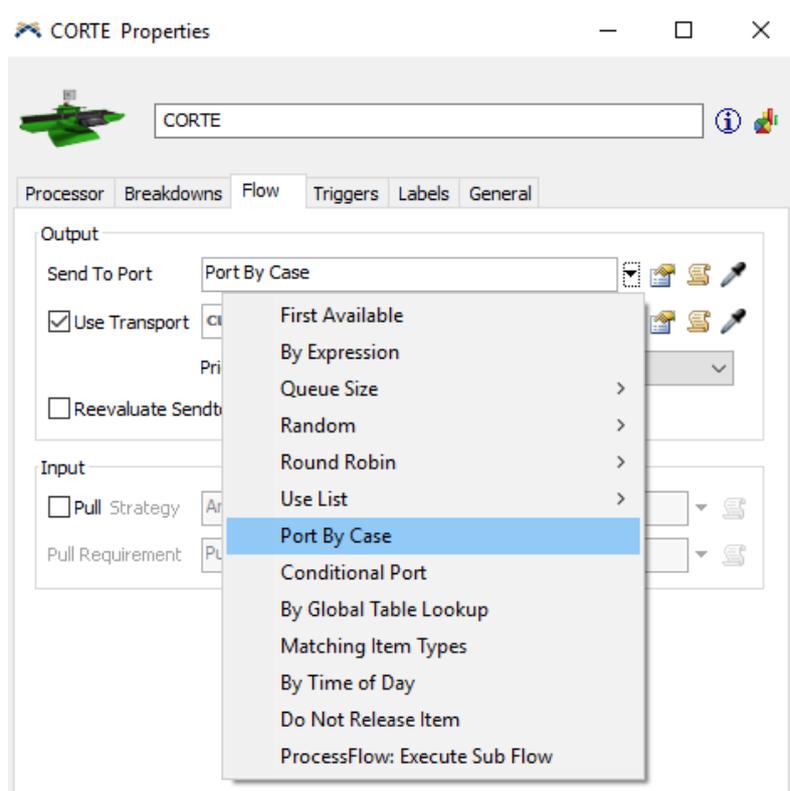
**Tabla 30.** Conexión de objetos Processor 1 a Queue 2,3.

Desde	Hasta	Letra	Tipo de Conexión
Processor 1 (corte)	Queue 2	A	Conect Objects
Processor 1 (corte)	Queue 3	A	Conect Objects

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

El valor para agregar en el proceso, es el de llevar a diferentes destinos, dependiendo el material, el cual es cortado previamente, para eso configuramos esta opción así:

- En la ventana de propiedades del procesor 1, nos dirigimos a la pestaña de “Flow”, en la opción de “Send to Port” ingresamos y seleccionamos con doble clic “Port By Case”.

**Gráfico 46.** Asignación Transporte “Port By Case” en Processor 1

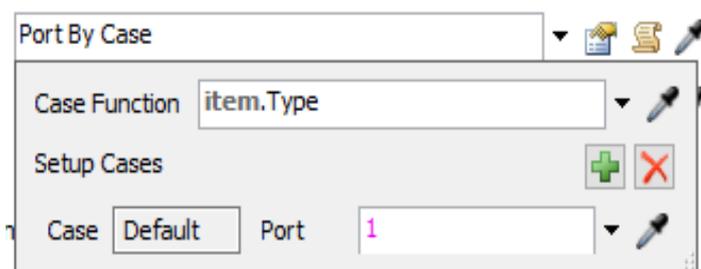
**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

- Se nos abrirá una nueva ventana, en la cual llenaremos un campo, con el objetivo de asignarle a que el programa nos lea el destino del material, dependiendo del caso, así como lo encontramos en la Tabla 30. El cual el material (Type) 2 será transportado directamente hacia el proceso de Taladrado, entre otras decisiones que le damos al programa. Para esto configuraremos, en la opción (+), tomara lectura del “Type” que tiene el material (véase Gráfico 48).

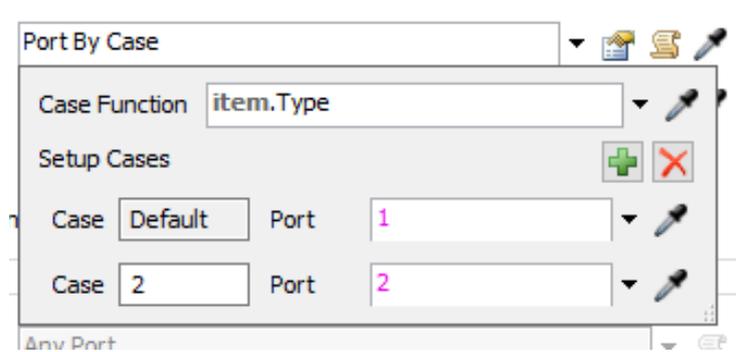
a) Caso Default, al Port 1.

b) Caso 2, al Port 2.

Selección de OK.

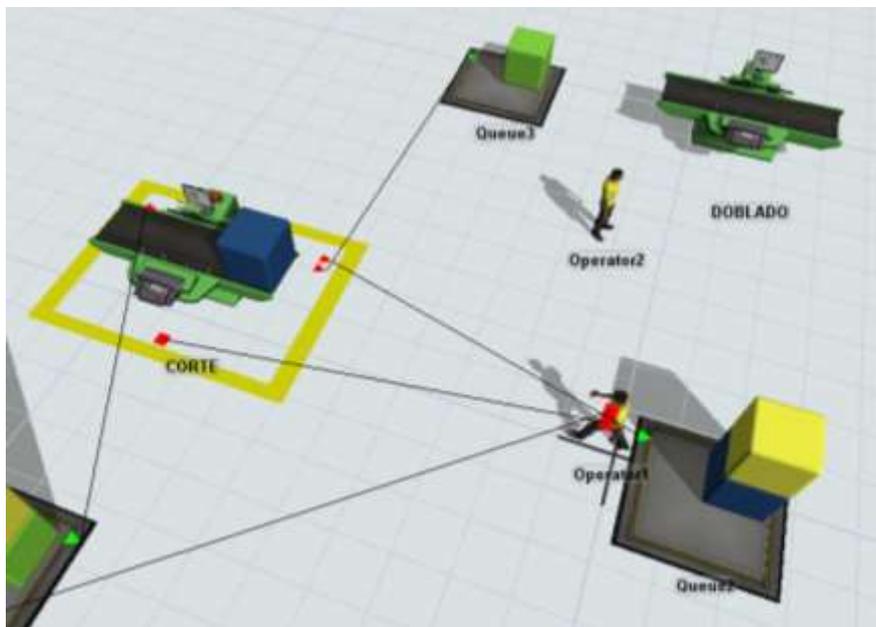
**Gráfico 47.** Ventana “Port By Case” en Processor 1.

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

**Gráfico 48.** Asignación de decisiones de transporte en Processor 1.

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

Con esto lograremos, que los materiales sean distribuidos según el proceso en cuál sean destinados (véase Gráfico 49).

**Gráfico 49.** Resultado de asignaciones para Queue 2,3.

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

#### 11.4.4. Conexión de Queue 3 a Processor 2 y regreso a Queue 2.

Se lo realiza en el siguiente orden las conexiones (véase Tabla 31).

**Tabla 31.** Orden de conexión Queue 3 a Processor 2.

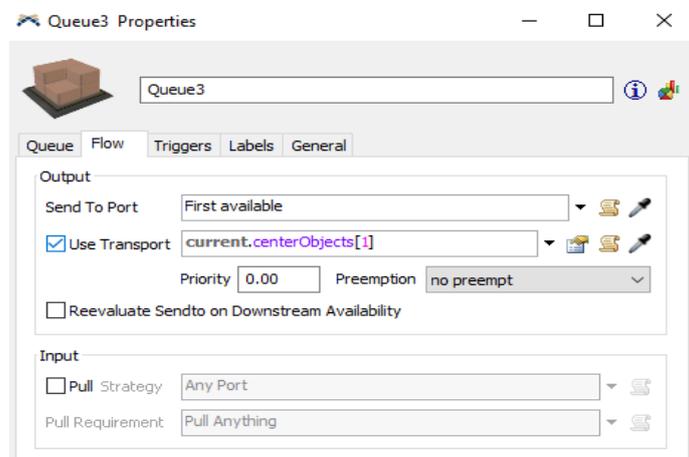
Desde	Hasta	Letra	Tipo de Conexión
Queue 3	Processor 2 (Doblado)	A	Conect Objects
Queue 3	Operator 2	S	Conect Center Ports
Processor 2 (Doblado)	Queue 2	A	Conect Objects
Procesor 2 (Doblado)	Operator 2	S	Conect Center Ports

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

Realizaremos las configuraciones en las herramientas, así como se presentan a continuación.

- En la ventana de propiedades de “Queue 3”, en la pestaña de “Flow”, entre los elementos de “Sent to Port”, seleccionamos “Use Transport”, y OK.

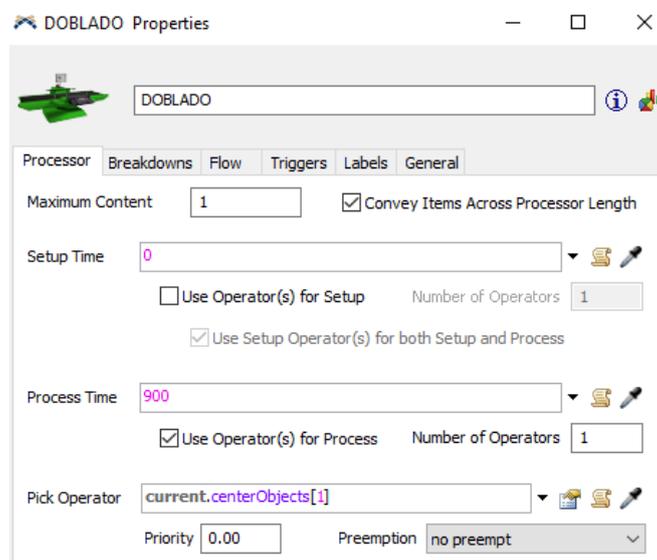
**Gráfico 50.** Asignación uso de Transporte en Queue 3.



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

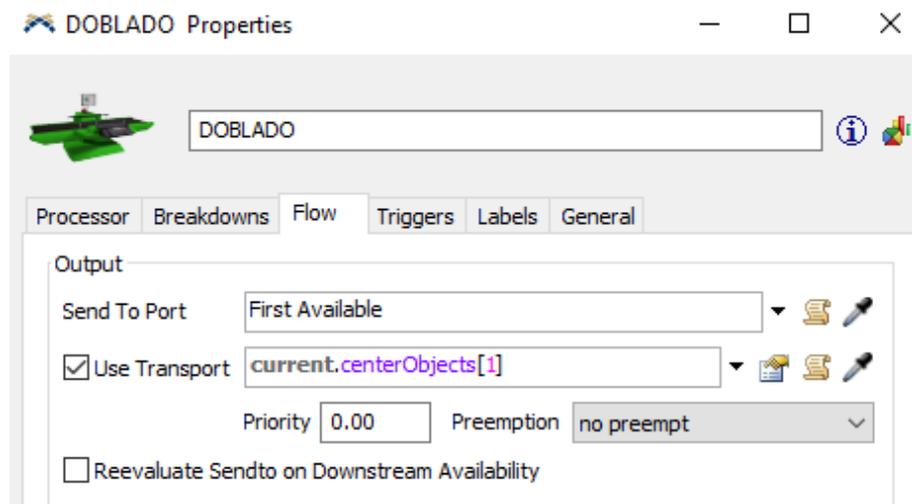
- En la ventana de propiedades del processor 2 (prensado), en la misma pestaña de processor, “Process Time”, en esta simulación obtiene el valor en 900seg (15min), el cual es el tiempo que se demorara en realizar el proceso en prensado de todo material, y seleccionamos en “Use Operator” (véase Gráfico 49).
- Nos dirigimos en la pestaña de “Flow”, seleccionamos la casilla de “Use Transport”, y OK (véase Gráfico 52).

**Gráfico 51.** Asignación uso de Operador en Processor 2.



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

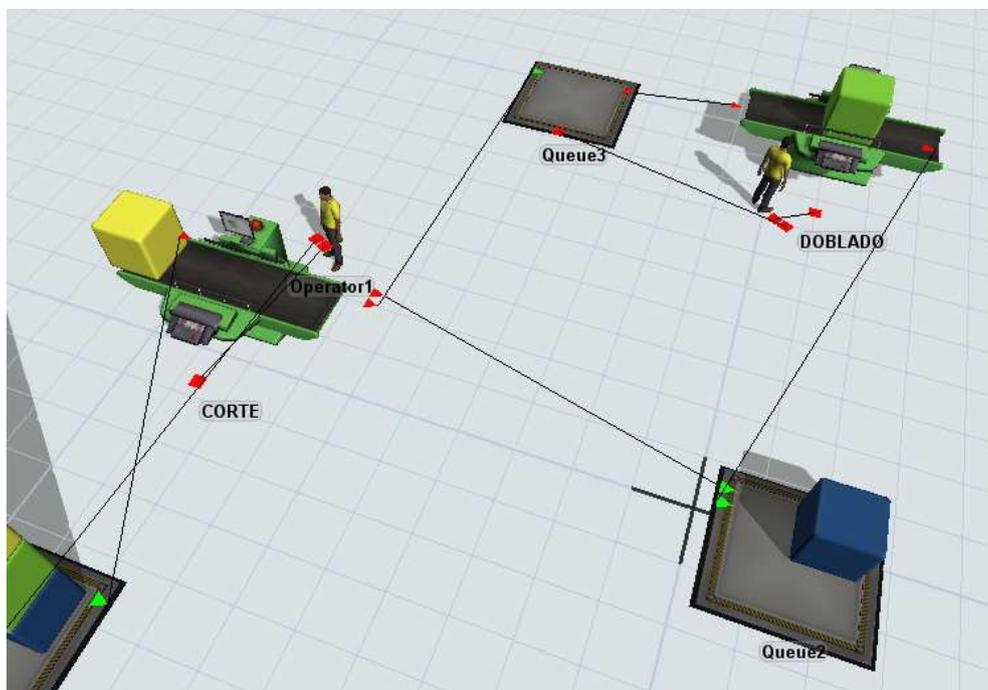
**Gráfico 52.** Asignación uso de Transporte en Processor 1



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

Realizamos la simulación, como final de estos pasos, para comprobar la fluidez.

**Gráfico 53.** Inspección al destino de materiales y fluidez en Queue 2,3.



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

#### 11.4.5. Distribución de material a los diferentes procesos.

En seguimiento al Gráfico 22, en el cual muestra el funcionamiento de todas las herramientas en esta simulación.

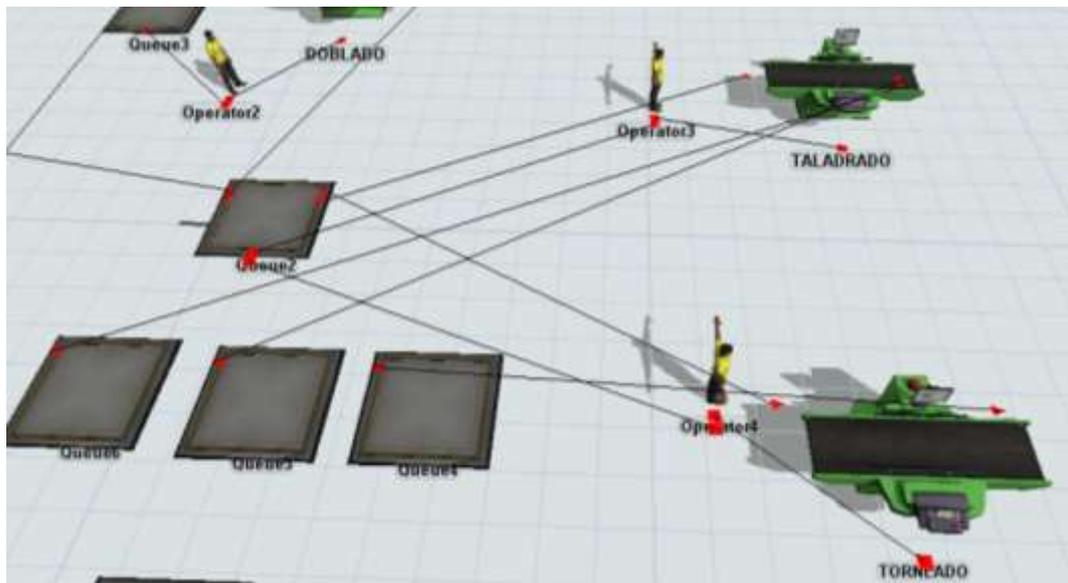
Esta distribución es importante para que los materiales, pasen por sus debidos procesos, para aquello realizaremos las siguientes conexiones (véase Tabla 32).

**Tabla 32.** Distribución de materiales a Taladrado, Torneado.

Desde	Hasta	Letra	Tipo de Conexión
Queue 2	Processor 3 (taladrado)	A	Conect Objects
Queue 2	Processor 4 (torneado)	A	Conect Objects
Queue 2	Operator 3	S	Conect Center Ports
Queue 2	Operator 4	S	Conect Center Ports
Processor 3 (taladrado)	Operator 3	S	Conect Center Ports
Processor 4 (torneado)	Operator 4	S	Conect Center Ports
Processor 3 (taladrado)	Queue 4	A	Conect Objects
Processor 3 (taladrado)	Queue 5	A	Conect Objects
Processor 4 (torneado)	Queue 6	A	Conect Objects

Fuente: Marcelo Lomas y José Romero

Resultando de la siguiente manera (véase Gráfico 54).

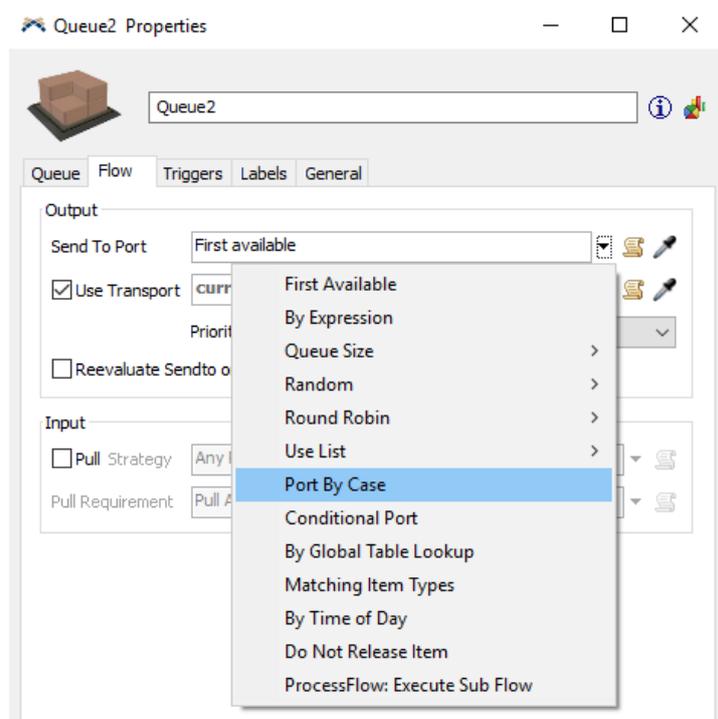
**Gráfico 54.** Inspección de conexiones en proceso de Taladrado, Torneado

Fuente: Marcelo Lomas y José Romero

Configuraremos cada herramienta, de la siguiente manera:

- ❖ Ingresando en la ventana de configuraciones del “Queue 2”, en la pestaña de “Flow”, marcaremos la casilla de “use transport”, y en Send to Port, nos dirigimos a la opción de “Port By Case” ingresando con doble clic (véase Gráfico 55).

**Gráfico 55.** Asignación uso de "Port by Case" en Queue 2.

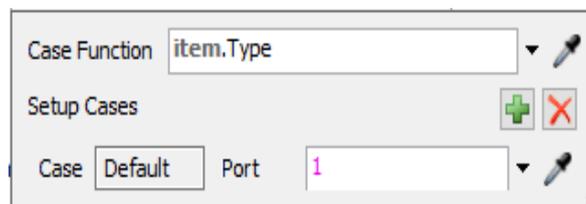


**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

❖ Nos aparecerá una ventana, en la cual asignaremos decisiones, agregando otra casilla con el símbolo (+) color verde. Las lecturas son por medio del "Type" de cada material, dependiendo del destino (véase Gráfico 57).

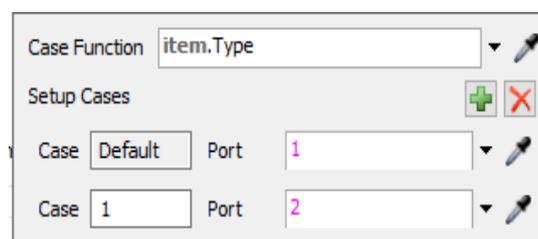
- a) Caso Default, en Port 1.
- b) Caso 2, en Port 2.

**Gráfico 56.** Ventana Port By Case en Queue 2.



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

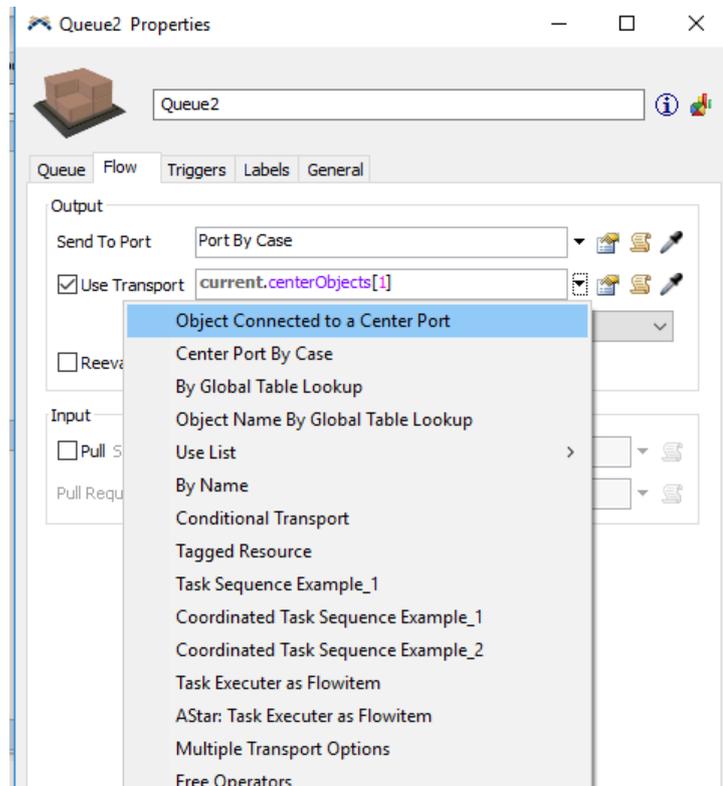
**Gráfico 57.** Configuración de decisiones en Queue 2.



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

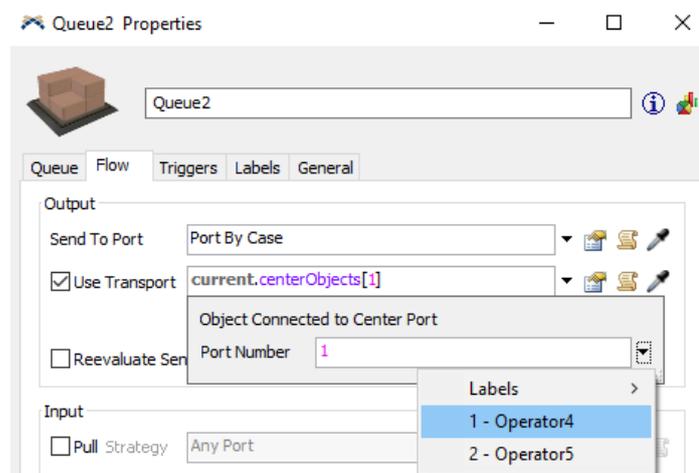
- ❖ Así también, ingresamos nuevamente a las propiedades del “Queue 2”, para asignarle una nueva función, debido a que solo puede transportar una persona a varios lugares, el programa permite la elección, para el cual seleccionaremos el Operador 4. Ingresando en la pestaña “Flow”, en la segunda pestaña al frente de Use Transport, seleccionaremos en “Object Conected to a Center Port” (véase Gráfico 56). Y seleccionaremos al operador asignado, y OK (véase Gráfico 59).

**Gráfico 58.** Ventana Object Connected Queue 2.



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

**Gráfico 59.** Asignación Object Connected en Queue 2.

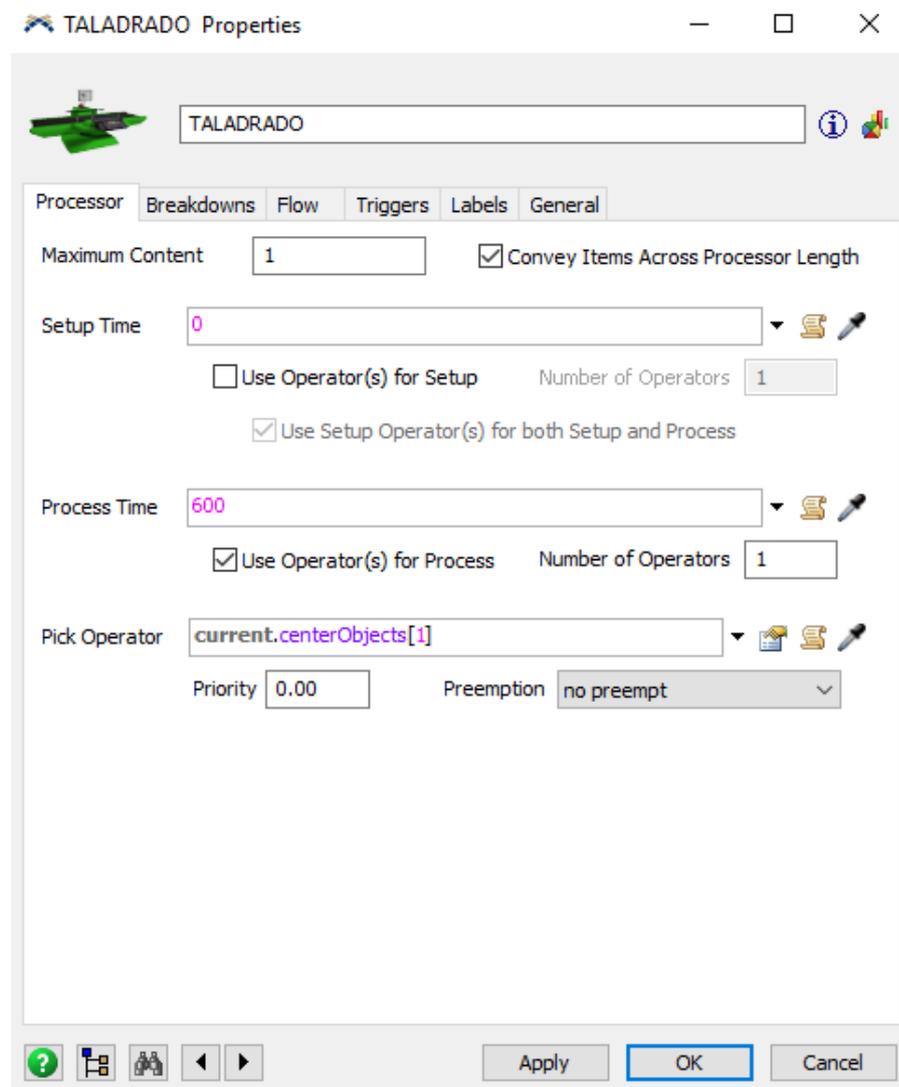


**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

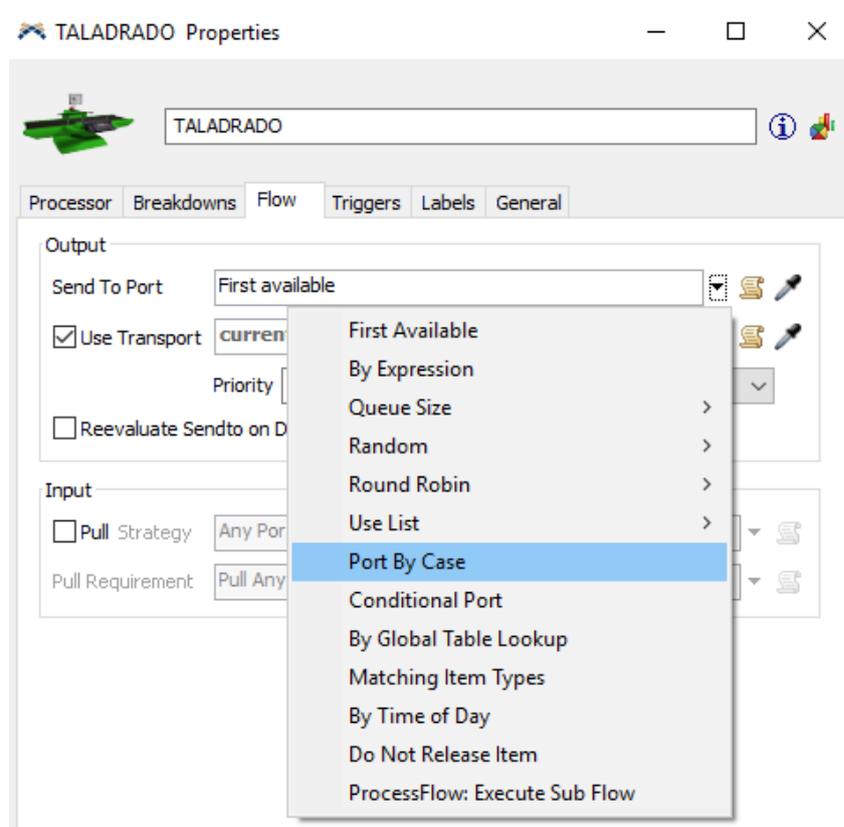
Ahora nos dirigimos a la ventana de propiedades del Processor 3 (taladrado), en el cual asignaremos el tiempo de proceso (process time) de 600seg (10min), y seleccionaremos en “Use Operator” para así asignar la operación de este proceso al operador, y le damos clic en “Apply” (véase Gráfico 60).

En la pestaña de “Flow”, seleccionaremos el “Use Transport”, pero necesitamos que los dos tipos de materiales que se procesan aquí, sean separados al finalizar la operación en su transporte. Para aquello, en la opción de “Send to Port”, asignaremos que nos separe por caso (Type) del material, ingresando a “Port By Case” (véase Gráfico 61).

**Gráfico 60.** Asignación tiempo proceso y operador en Processor 3

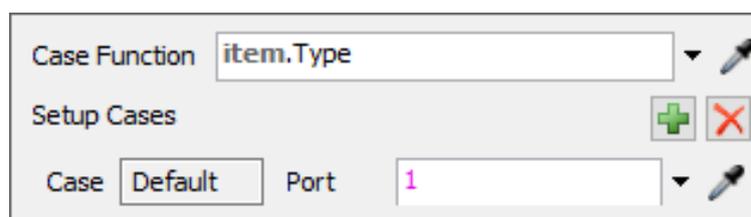


**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

**Gráfico 61.** Asignación Port By Case en Processor 3

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

- ❖ Nos aparecerá una ventana, en la cual asignaremos estas decisiones, agregando otra casilla con el símbolo (+) color verde. Las lecturas son por medio del “Type” de cada material, dependiendo del destino (véase Gráfico 63).
  - a) Caso Default, en Port 1.
  - b) Caso 2, en Port 2.

**Gráfico 62.** Ventana Port By Case en Processor 3.

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

**Gráfico 63.** Configuración de decisiones en Processor 3

The screenshot shows the configuration for Processor 3. At the top, the 'Case Function' is set to 'item.Type'. Below this, there are two 'Setup Cases' defined:

Case	Port
Default	1
2	2

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

Ahora nos dirigimos a la ventana de propiedades del Procesor 4(torneado), en el cual asignaremos el tiempo de proceso (Process Time) de 1200seg (20min), y seleccionaremos en “Use Operator for Process” para así asignar la operación de este proceso al operador y le damos clic en “Apply” (véase Gráfico 64).

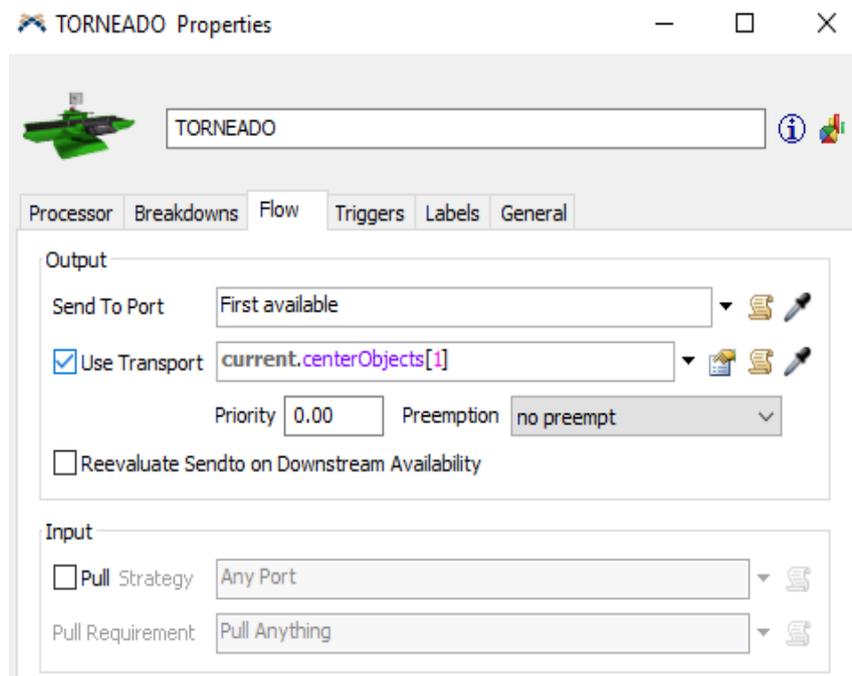
En la pestaña de “Flow”, seleccionaremos el “Use Transport”, y no realizaremos ningún otro cambio, solo le damos clic en “OK” (véase Gráfico 65).

**Gráfico 64.** Asignación tiempo proceso y operador en Processor 4

The screenshot shows the 'TORNEADO Properties' window with the 'Processor' tab selected. The configuration is as follows:

- Maximum Content:** 1
- Convey Items Across Processor Length
- Setup Time:** 0
- Use Operator(s) for Setup (Number of Operators: 1)
- Use Setup Operator(s) for both Setup and Process
- Process Time:** 1200
- Use Operator(s) for Process (Number of Operators: 1)
- Pick Operator:** current.centerObjects[1]
- Priority:** 0.00
- Preemption:** no preempt

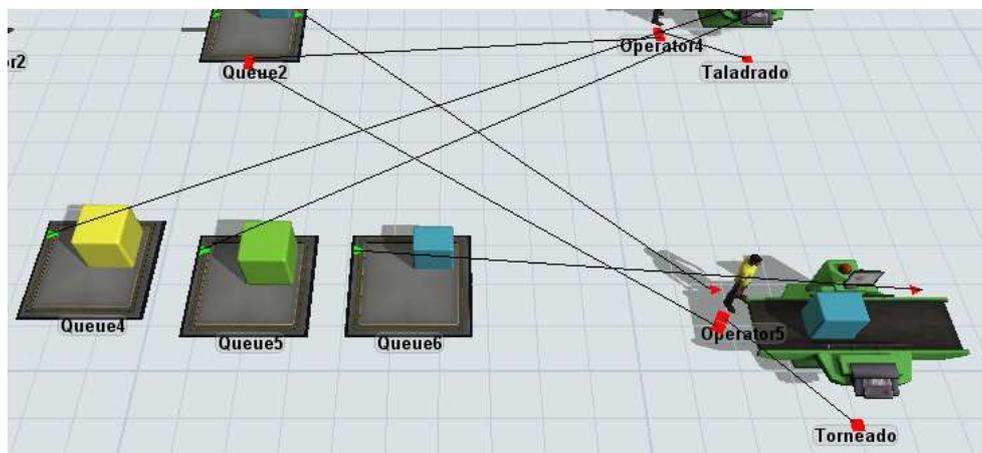
**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

**Gráfico 65.** Asignación Use Transport en Processor 4

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

Y obtendremos como resultado, el separar los materiales procesados, según su tipo, de la siguiente manera (véase Gráfico 66).

- ❖ Queue 4: Material Type 3
- ❖ Queue 5: Material Type 2
- ❖ Queue 6: Material Type 1

**Gráfico 66.** Distribución por caso en almacenamiento Queue 4,5,6.

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero.

#### 11.4.6. Conexión hacia proceso de Suelta.

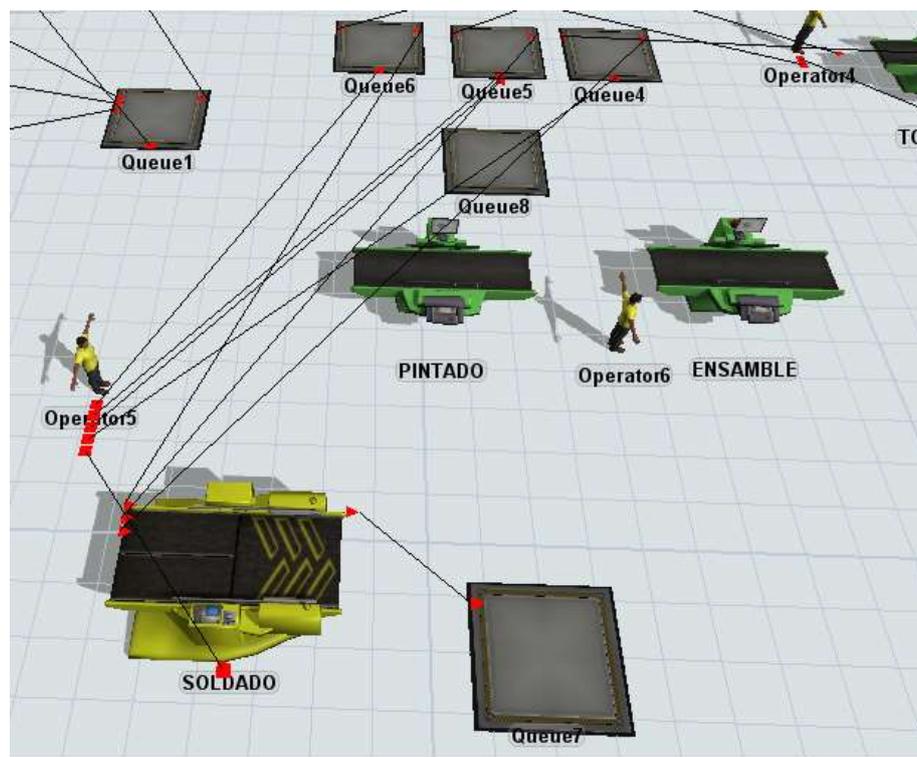
En las cuales realizaremos las siguientes conexiones.

**Tabla 33.** Conexiones hacia Combiner 1.

Desde	Hasta	Letra	Tipo de Conexión
Queue 4	Combiner 1 (suelta)	A	Conect Objects
Queue 5	Combiner 1 (suelta)	A	Conect Objects
Queue 6	Combiner 1 (suelta)	A	Conect Objects
Combiner 1 (suelta)	Operator 5	S	Conect Center Ports
Combiner 1 (suelta)	Queue 7	A	Conect Objects
Queue 4	Operator 5	S	Conect Center Ports
Queue 5	Operator 5	S	Conect Center Ports
Queue 6	Operator 5	S	Conect Center Ports

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

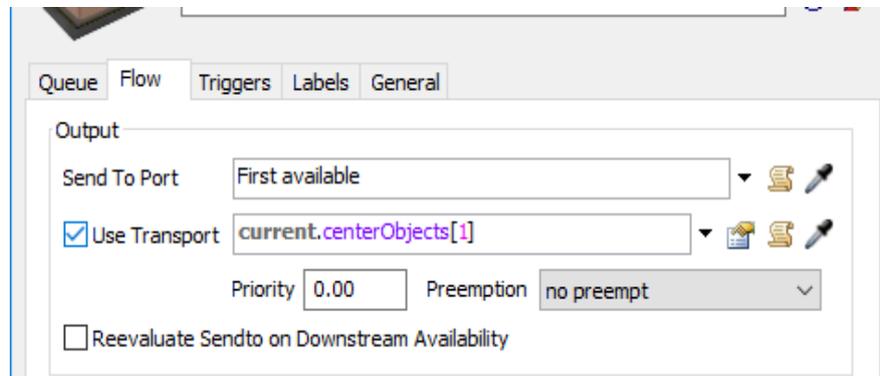
Se realiza esas conexiones, debido al tipo de proceso, que se lo realiza por medio de “Combiner”, esta herramienta cumple la función de unir todas las piezas que son procesadas anteriormente, la misma es la que solicita materiales de distintos procesos para su funcionamiento (véase Gráfico 67).

**Gráfico 67.** Resultado conexiones hacia Combiner 1.

**Fuente:** Autores de Investigación.

Para lograr un correcto funcionamiento, realizaremos las siguientes modificaciones. Nos dirigimos en las ventanas de propiedades de los “Queue 4, 5, 6” respectivamente, y en la pestaña de “Flow”, seleccionaremos “Use Transport”, y OK, es la misma configuración en los Queue faltantes, 5 y 6 mencionados.

**Gráfico 68.** Asignación “Use Transport” en Queue 4,5,6.

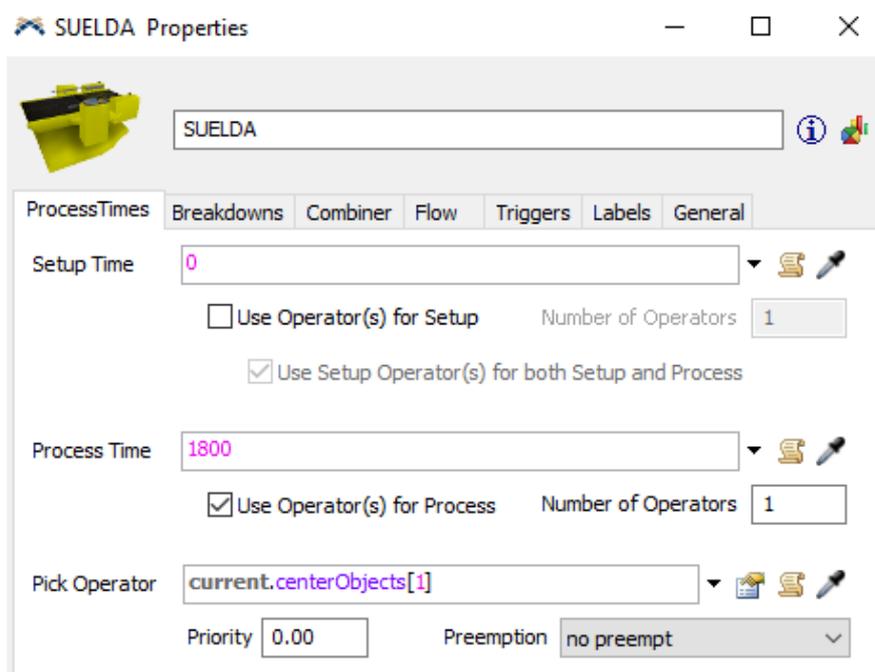


**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

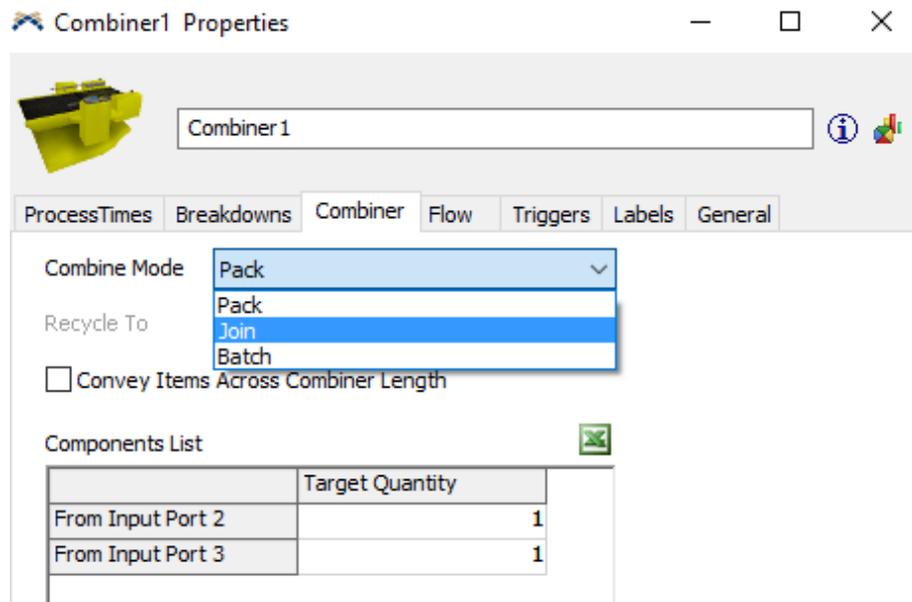
Ahora nos dirigimos a la ventana de configuraciones del Combiner, en la pestaña de “Process Time”, ubicamos el tiempo de proceso, en este caso 1800seg y seleccionamos en “Use Operator for Process” (véase Gráfico 69).

Ahora pasamos a la pestaña de “Combiner”, justo en la opción “Combiner Mode” ingresamos y seleccionamos en “Join”. El esto dejamos como esta, le damos clic en “Apply”. (véase Gráfico 70).

**Gráfico 69.** Asignación “Process Time” y “Use Operator” en Combiner 1.



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

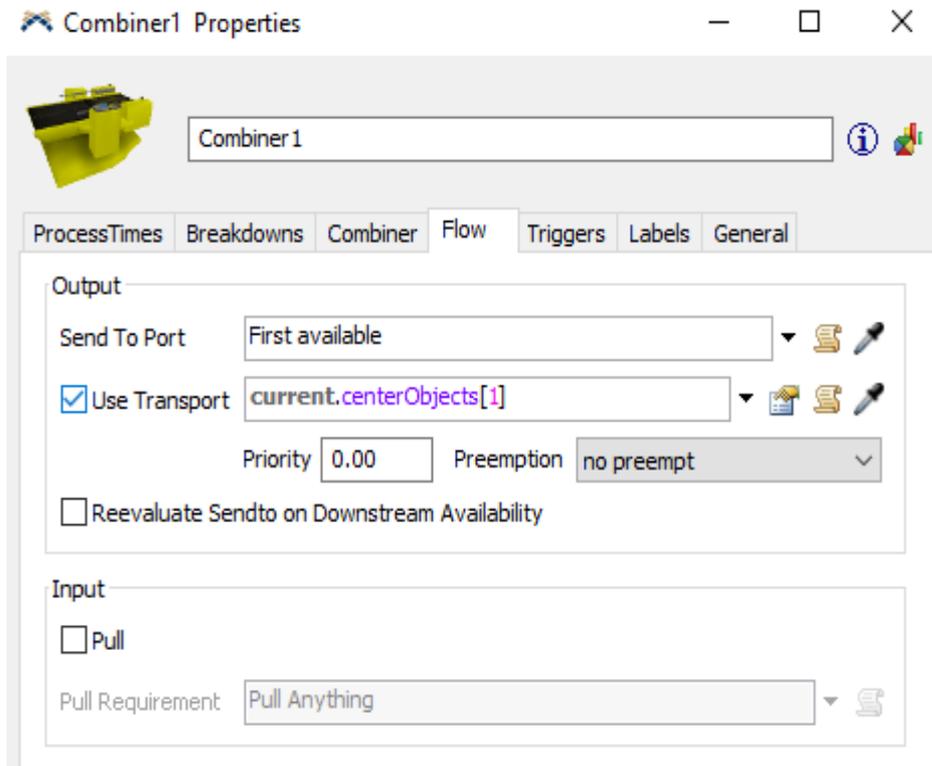
**Gráfico 70.** Asignación “Combine Mode” en Combiner 1

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

Ahora, para agregarle valor visual, al material que nos resultara de la combinación, realizaremos los siguientes pasos.

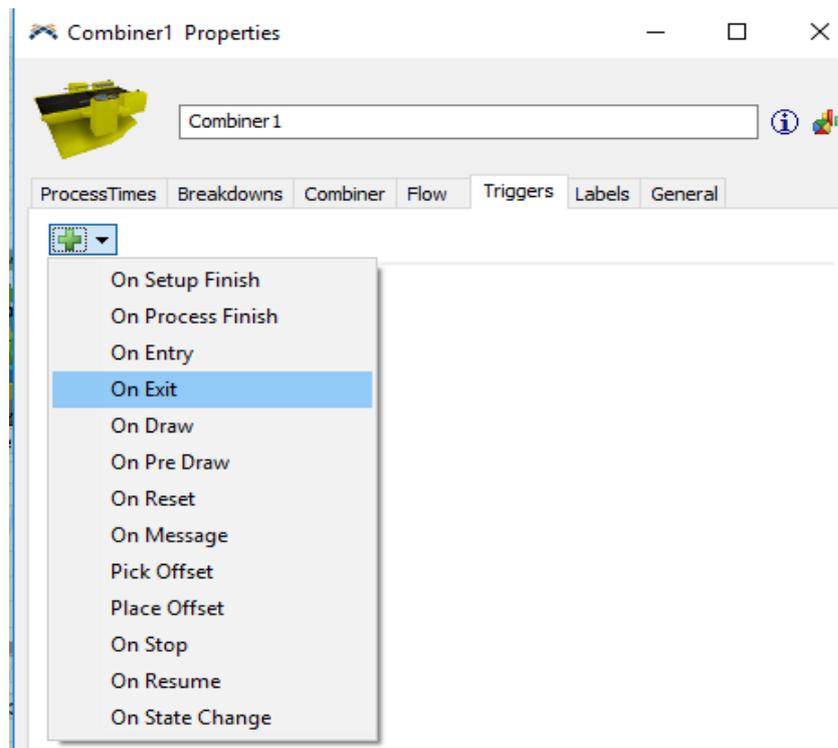
- Ubicándonos en las propiedades del Combiner, en la pestaña de “Flow” seleccionaremos “Use Transport” (véase Gráfico 71).
- Luego ingresamos en la pestaña de “Triggers” damos clic en el icono (+) de color verde, seleccionamos la opción “On Exit” (véase Gráfico 72).
- Se añadirá una nueva selección de “On Exit”, entrando dando clic en el símbolo (+) de color verde, nos dirigimos a “Visual” y luego a “Set Object Color” (véase Gráfico 73).
- Nos aparecerá una nueva ventana, en la cual seleccionaremos la barra “Color”, elegimos una opción y OK (véase Gráfico 74).

**Gráfico 71.** Asignación “Use Transport” en Combiner 1



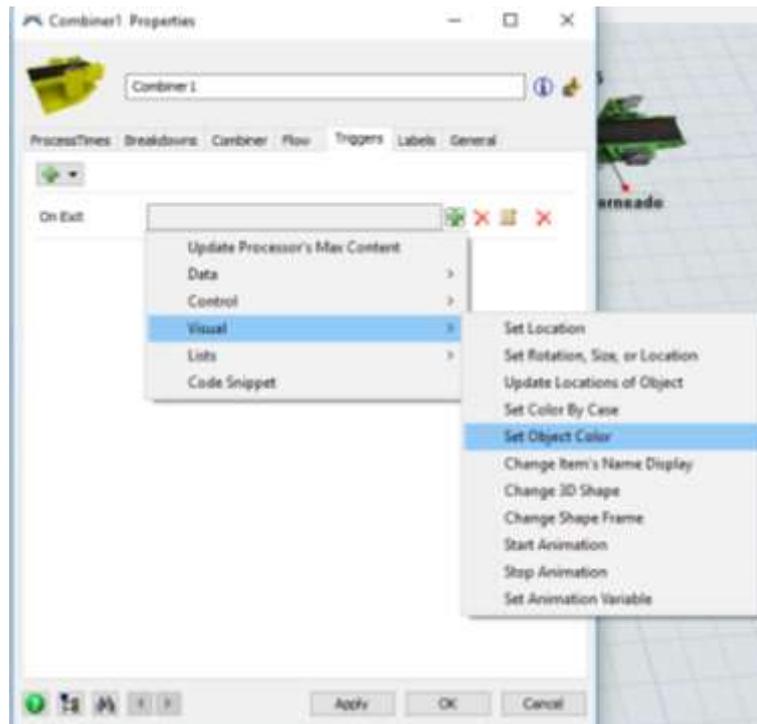
**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

**Gráfico 72.** Asignación “Triggers - On Exit” en Combiner 1



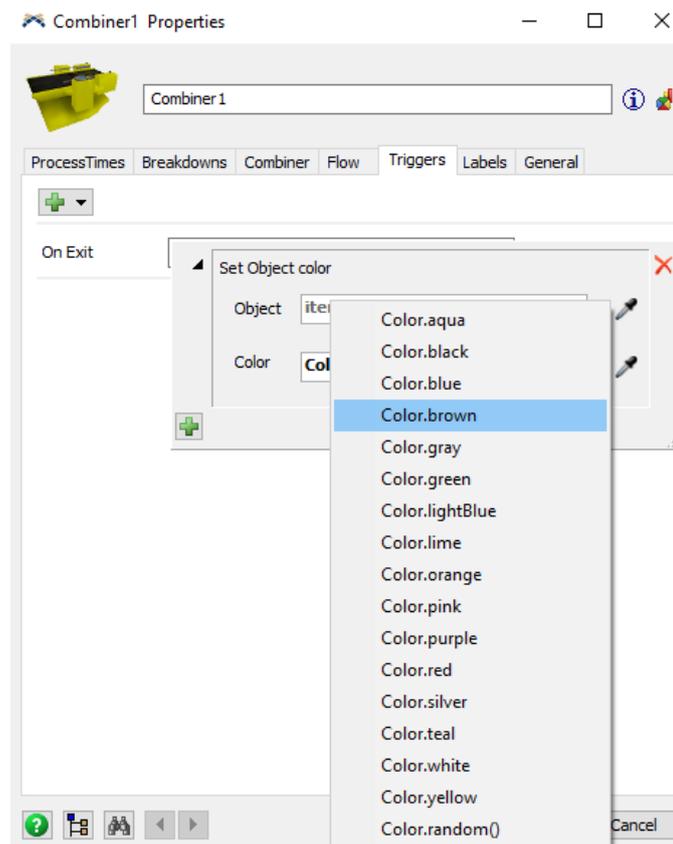
**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

**Gráfico 73.** Asignación “Set Object Color” en Combiner 1



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

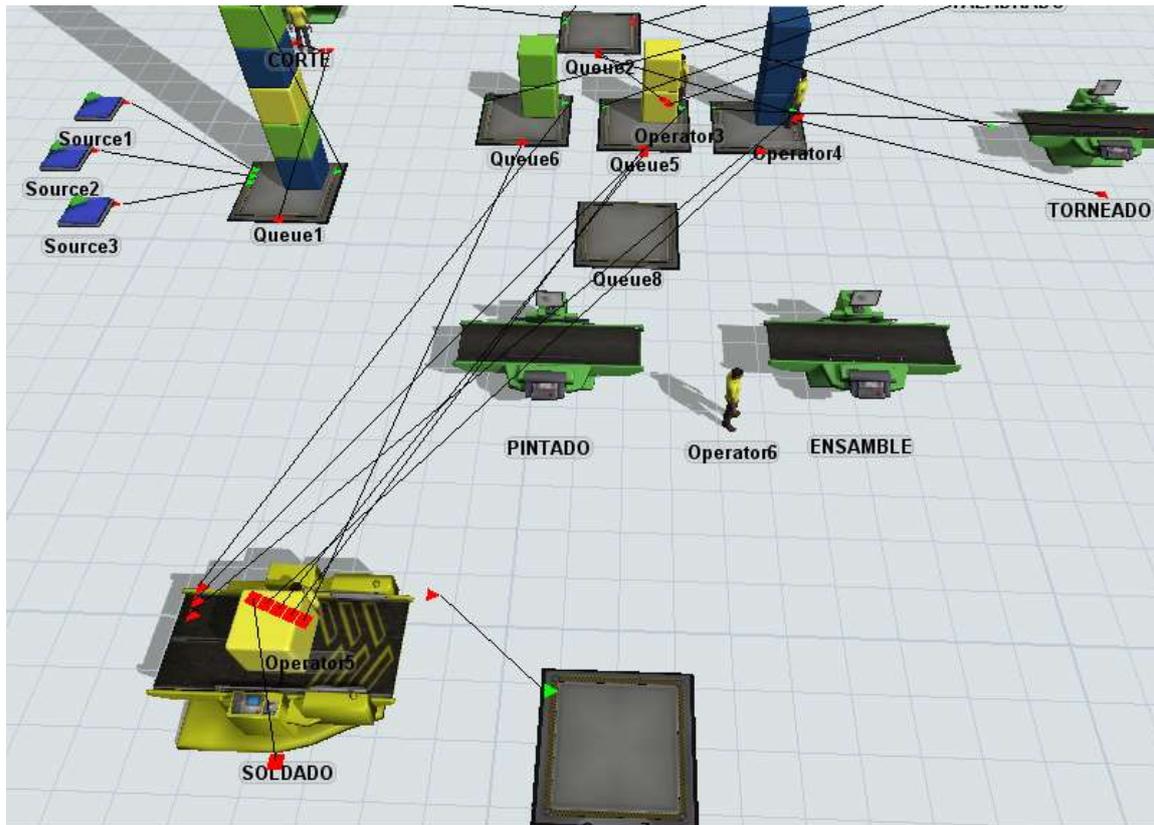
**Gráfico 74.** Ventana “Set Object Color” en Combiner 1



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

Obtendremos el siguiente resultado final del realizar estas conexiones.

**Gráfico 75.** Resultado simulación en Combiner 1.



Fuente: Marcelo Lomas y José Romero

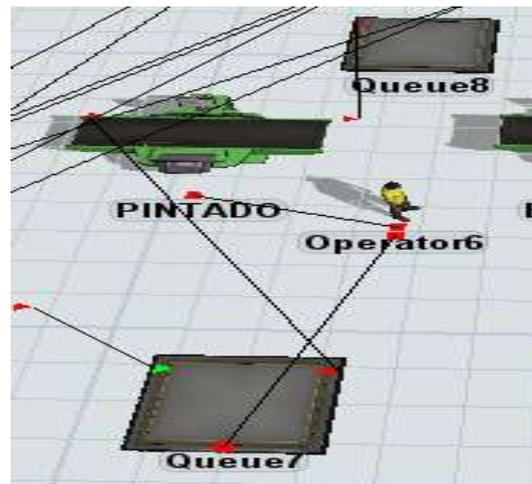
#### 11.4.7. Conexiones hacia el proceso de Pintado.

**Tabla 34.** Conexiones hacia Processor 5.

Desde	Hasta	Letra	Tipo de Conexión
Queue 7	Processor 5 (pintado)	A	Conect Objects
Queue 7	Operator 6	S	Conect Center Ports
Processor 5 (pintado)	Operator 6	S	Conect Center Ports
Processor 5 (pintado)	Queue 8	A	Conect Objects

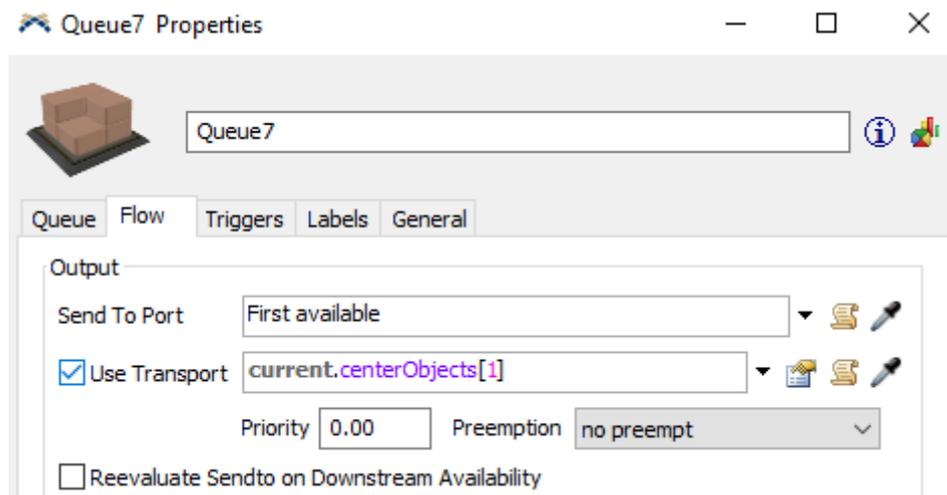
Fuente: Marcelo Lomas y José Romero

Obtendremos la visualización de las conexiones de la siguiente forma:

**Gráfico 76.** Conexiones hacia Processor 5.

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

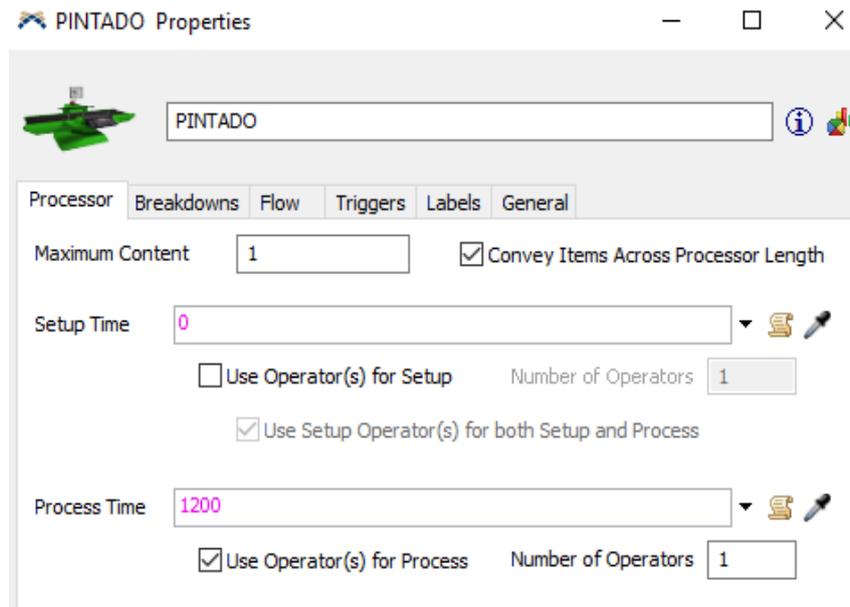
Realizaremos la configuración debida en la ventana de propiedades del Queue 7, en la pestaña de “Flow” seleccionamos en “Use Transport”.

**Gráfico 77.** Asignación “Use Transport” en Queue 7

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

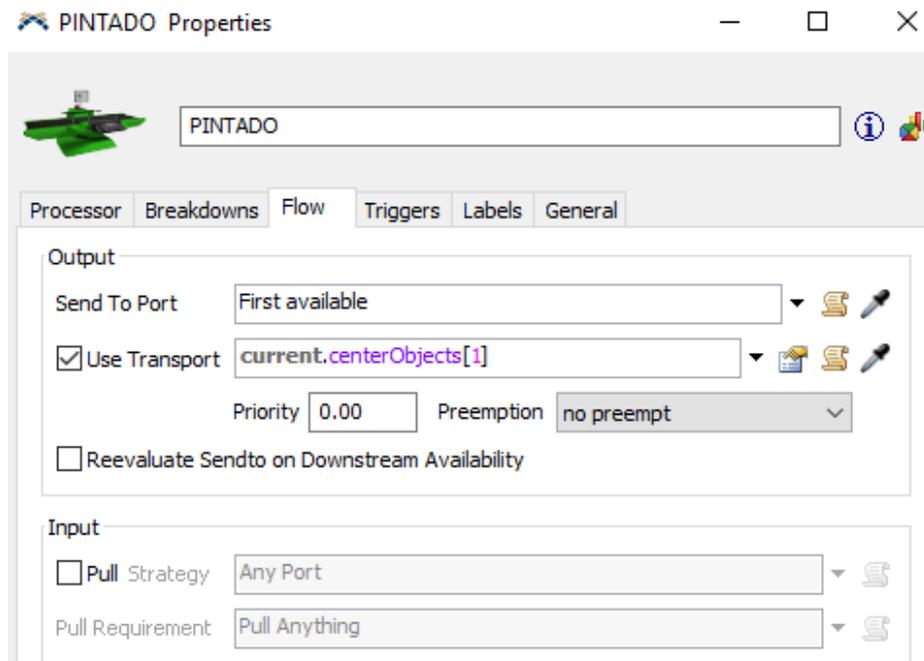
En la ventana de propiedades de “Pintado” nos ubicamos en “Process Time” ingresando un tiempo de 1200seg, y seleccionando “Use Operator for Process” (véase Gráfico 78). Ahora en la pestaña de “Flow” únicamente seleccionamos “Use transport” (véase Gráfico 79).

**Gráfico 78.** Asignación Process Time y Use Operator en Processor 5.



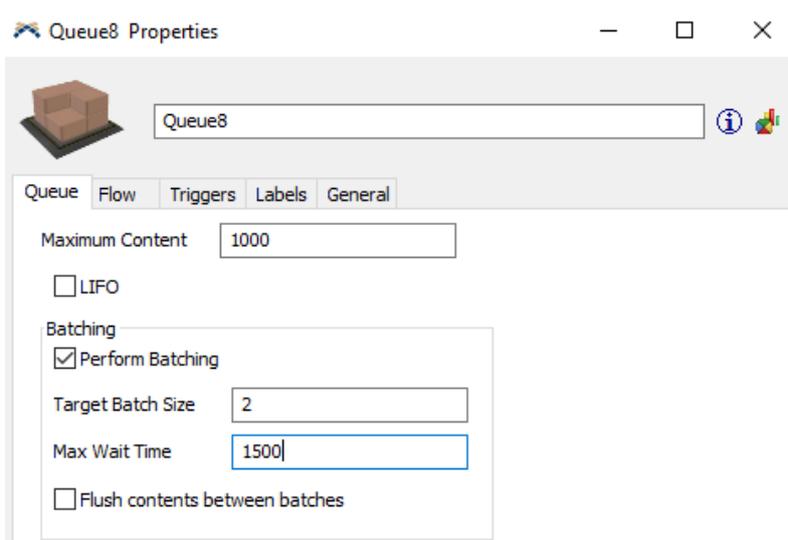
**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

**Gráfico 79.** Asignación “Use Transport” en Processor 5



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

En la ventana de propiedades del queue 8, en la pestaña de “queue”, seleccionamos la opción de “Batching” y en el espacio de Max Wait Time, se ubicará el tiempo de simulación del proceso de espera el cual tendrá que pasar cada producto. En este caso de 1500seg, y seleccionamos OK.

**Gráfico 80.** Asignación “Max Wait Time” y “Use Transport” en Queue 8

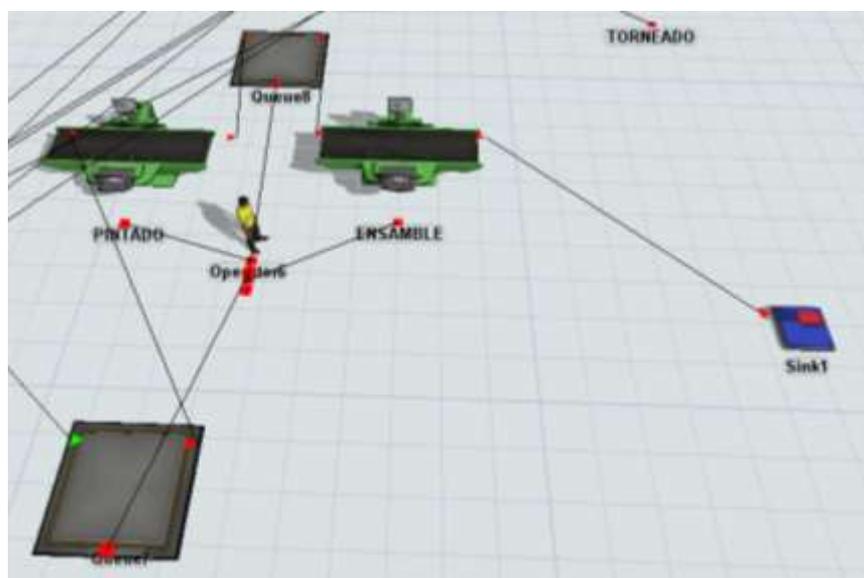
Fuente: Marcelo Lomas y José Romero

#### 11.4.8. Conexiones hacia el proceso final de Ensamble.

**Tabla 35.** Conexiones hacia Processor 6.

Desde	Hasta	Letra	Tipo de Conexión
Queue 8	Processor 6 (ensamble)	A	Conect Objects
Queue 7	Operator 6	S	Conect Center Ports
Processor 6 (ensamble)	Operator 6	S	Conect Center Ports
Processor 6 (ensamble)	Sink 1	A	Conect Objects

Fuente: Marcelo Lomas y José Romero

**Gráfico 81.** Conexiones hacia Processor 6

Fuente: Marcelo Lomas y José Romero

En la ventana de propiedades del queue 8, en la pestaña de “Flow”, seleccionamos la opción de “Use Transport”

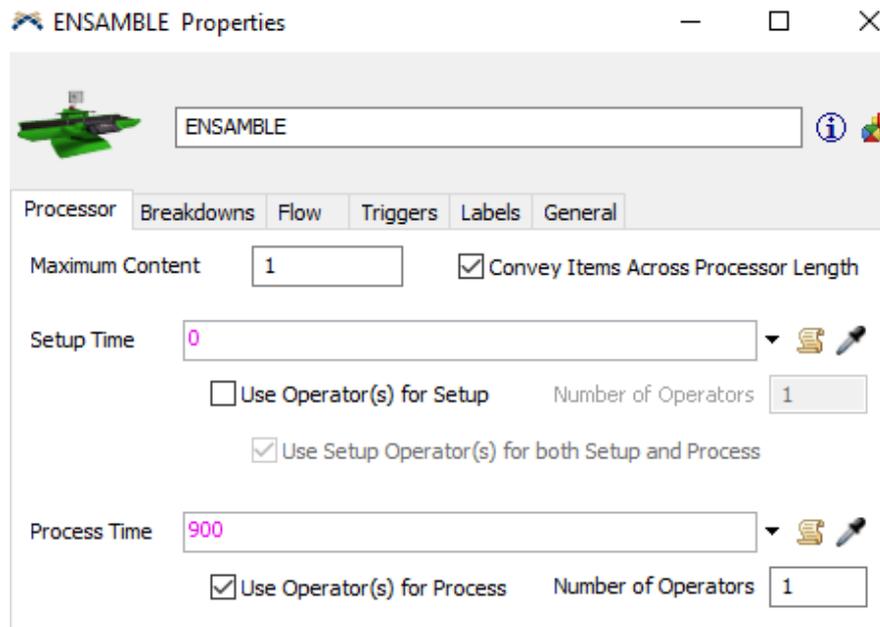
**Gráfico 82.** Asignación “Use Transport” en Queue 8.



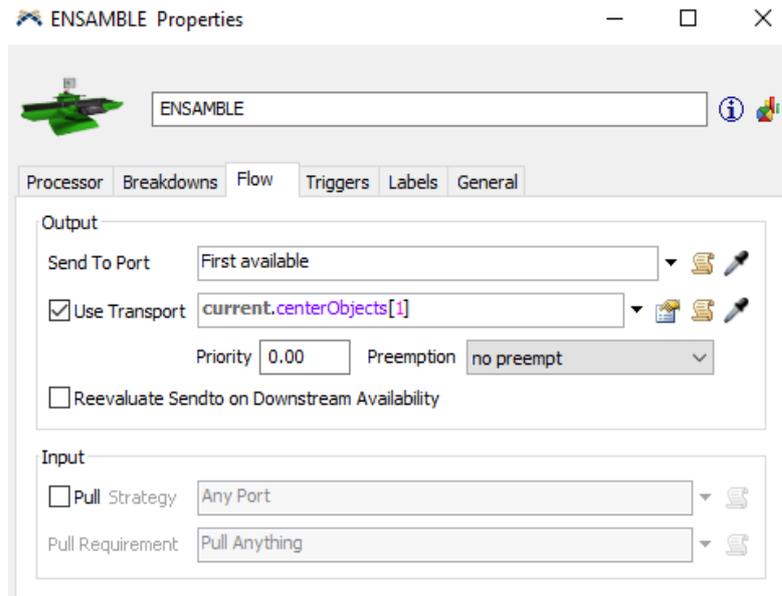
**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

En la ventana de propiedades de “Ensamble” nos ubicamos en “Process Time” ingresando un tiempo de 900seg, y seleccionando “Use Operator for Process” (véase Gráfico 83). Ahora en la pestaña de “Flow” únicamente seleccionamos “Use transport” (véase Gráfico 82).

**Gráfico 83.** Asignación “Process Time” y “Use Operator” en Processor 6.



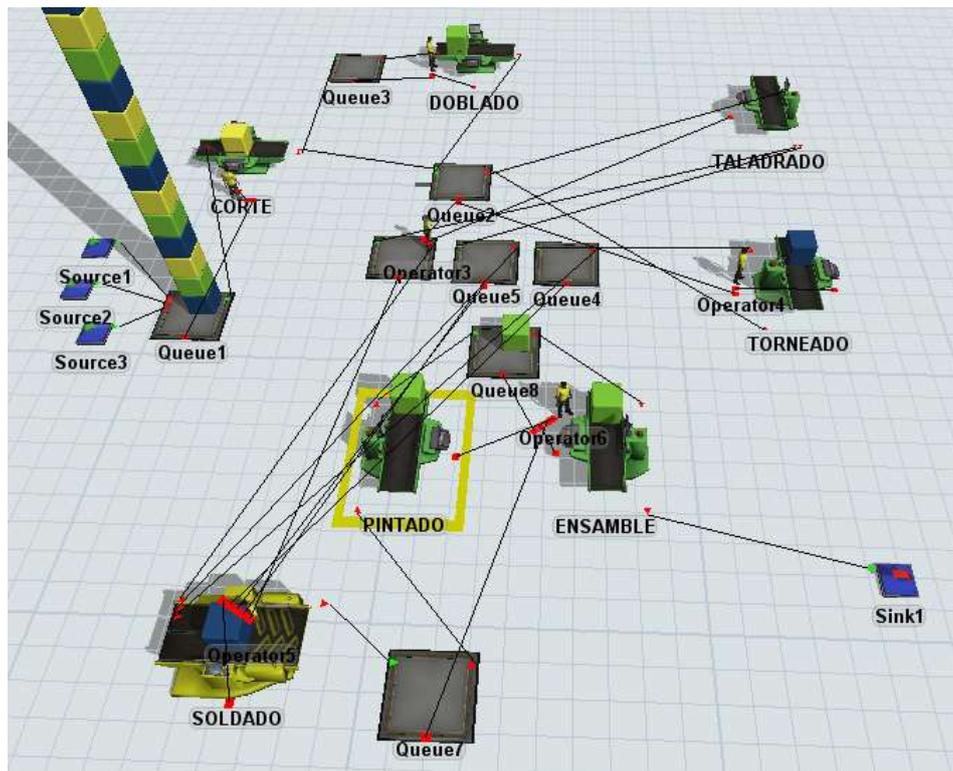
**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

**Gráfico 84.** Asignación “Use Transport” en Processor 6

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

Con estos pasos, terminamos con las configuraciones necesarias para que nuestra simulación tenga una fluidez continua.

Y tendremos un resultado visual de proceso.

**Gráfico 85.** Visualización de las configuraciones técnicas.

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

## 11.5. Configuraciones Visuales para el Proceso a Simular.

Esto lo realizaremos con el fin de acompañar a la simulación, el hecho de poder interpretar visualmente el tiempo de proceso y el tratamiento del producto el cual se está simulando. Para lograr aquello, necesitaremos seguir los siguientes pasos.

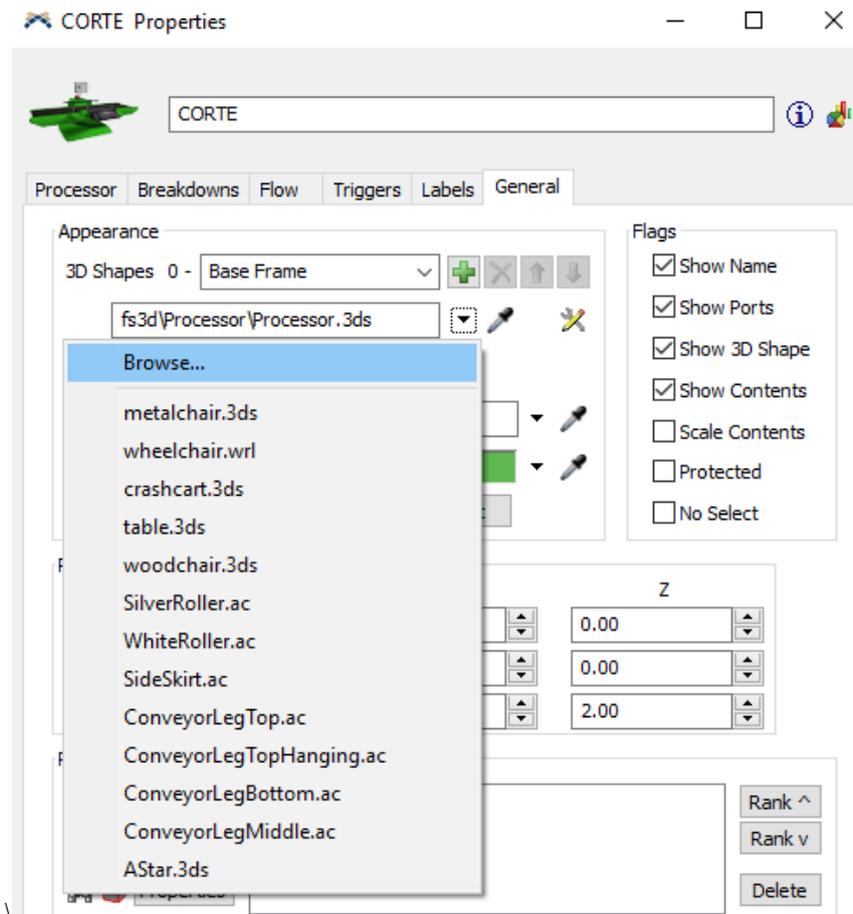
### 11.5.1. Cambio de apariencia de las máquinas de procesamiento.

Para realizar esto, necesitaremos ir a la maquina (procesor) en la cual se desea cambiar. Ingresaremos a la ventana de propiedades, en la pestaña de “General”, ubicándonos en la parte debajo del signo (+) de color verde, existe una viñeta en la cual ingresaremos y daremos clic en “Browse” (véase Gráfico 86).

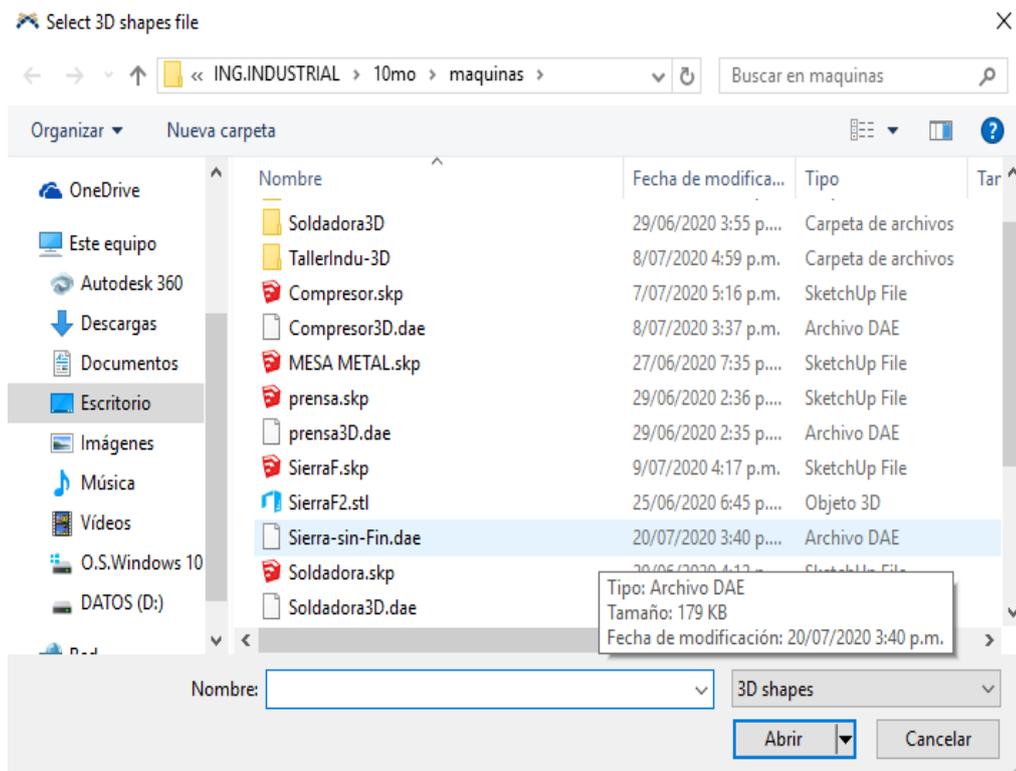
Se abrirá una nueva ventana, en la cual ubicaremos el tipo de archivo que sea compatible con Flexsim. En este caso un archivo “. DAE” (véase Gráfico 87).

Para esta explicación, yo he seleccionado una maquina cortado, la cual será una Sierra sin fin.

**Gráfico 86.** Configuración apariencia de un Processor.

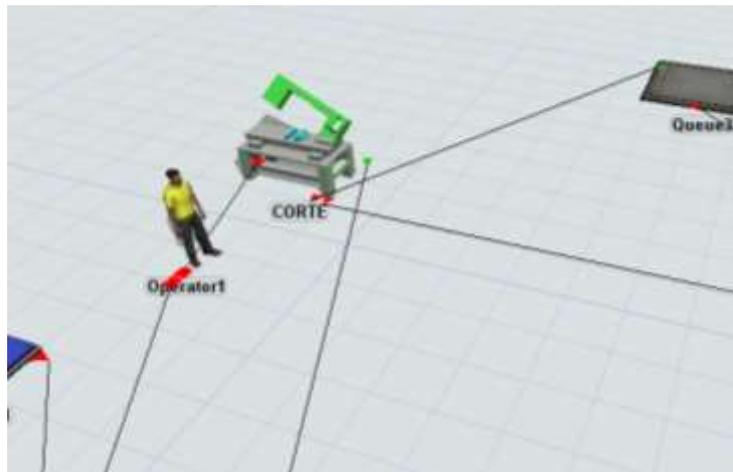


**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

**Gráfico 87.** Ventana de selección archivo “.DAE” de un Processor

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

Y obtendremos una visualización más comprensiva para la simulación, y este paso realizaremos para todas las máquinas.

**Gráfico 88.** Cambio de apariencia en un Processor.

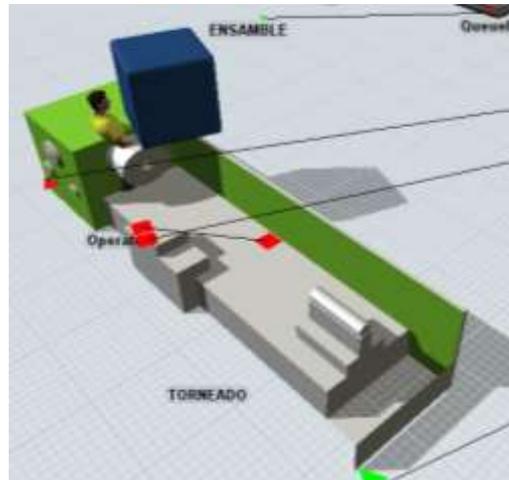
**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

### 11.5.2. Dirección de recorrido para los operadores.

Este cambio, es necesario implementar en la producción, por motivos visuales, ya que Flexsim cuenta con un algoritmo responsable de decidir la ruta lineal más corta de recorrido para el operador que está cumpliendo la función de transportar un objeto de un

lado a otro. Suelen ocurrir errores en estas decisiones, permitiendo que el operador pase por en medio de una máquina que se encuentre en el camino, con el fin de movilizarse en la ruta lineal más corta. (véase Gráfico 89).

**Gráfico 89.** Errores en trayectorias de Operadores.

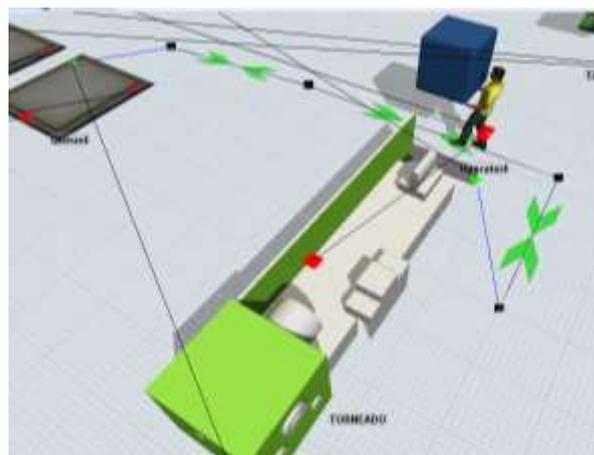


**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

Para evitar este tipo de errores visuales, nos dirigimos a la librería de herramientas, en las opciones de “Travel Networks”, seleccionamos en “NetworksNodes” (véase Gráfico 10). Los vamos ubicando a estos puntos, por los lugares por donde queremos que pase el operador, con esto podemos dibujar entre varias rutas, puntos específicos por donde el operador usara para movilizarse.

Los puntos deben ser unidos, con los objetos de destino y con los operadores, usando en ambos casos la letra A, (Connect Objects). Realizando las debidas conexiones de puntos para las rutas, obtendremos un mejor resultado visual. El operador pasará por la ruta verde, evitando pasar por el medio de un objeto (véase Gráfico 90).

**Gráfico 90.** Rutas realizadas con NetworksNodes.



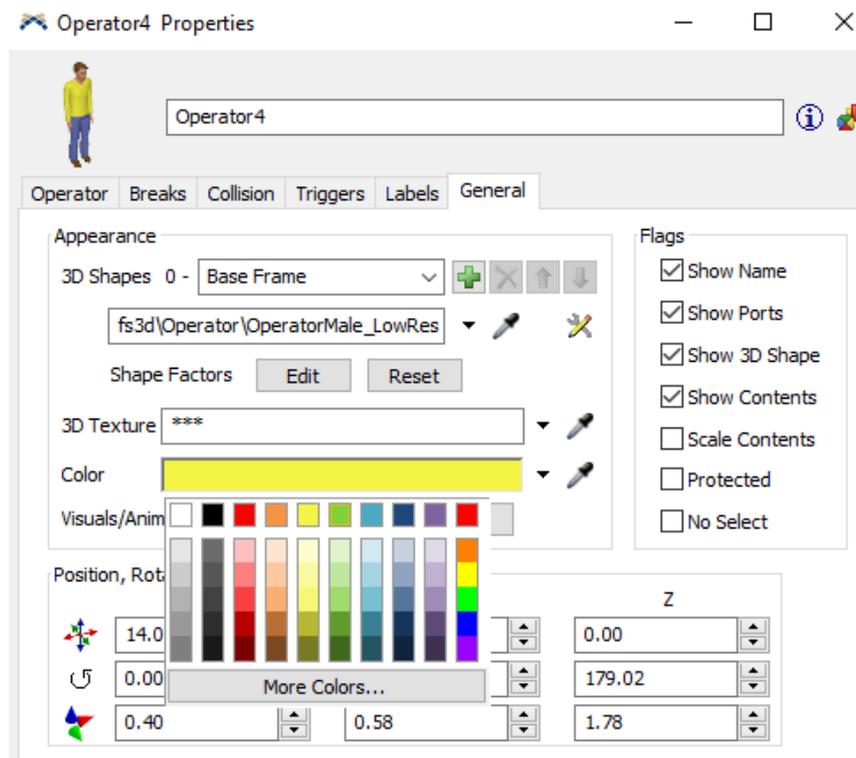
**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

### 11.5.3. Cambio de apariencia a los operadores.

Este paso es opcional, se los puede realizar con el fin de identificar o designar un operador para un proceso específico.

Para aquellos solo cambiaremos el color de los uniformes de los operadores, ubicándose en la ventana de propiedades del operador, en la pestaña de “General” se visualiza una barra de color amarillo, el cual es el color que viene por defecto en los operadores, justo en esa viñeta, podremos cambiar al color que deseamos (véase Gráfico 91).

**Gráfico 91.** Configuración de apariencia en Operator.



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

### 11.5.4. Cambio de apariencia a los productos.

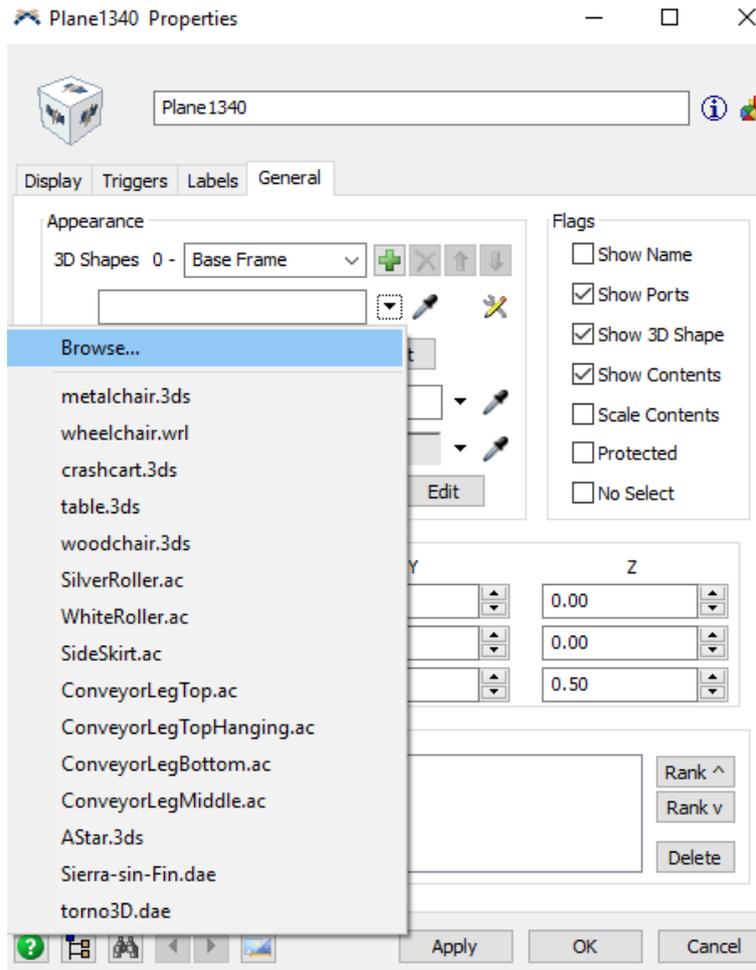
Este paso es necesario para revisar el producto el cual se está procesando en las máquinas, mejor referido a la salida y su resultado en cada proceso.

Para lograr esto, nos ubicaremos en la Librería de herramientas, en la pestaña de “Visual” encontraremos la herramienta “Plane” la cual la seleccionaremos y ubicaremos en cual lugar fuera de nuestro lugar de simulación e ingresamos en su ventana de propiedades, en la pestaña de “General” justo en la parte baja del signo (+) de color verde, se encuentra una pestaña vacía, la seleccionamos y le damos clic en “Browse”.

Nos aparecerá una nueva ventana, en la cual seleccionaremos un archivo compatible con “Flexsim” archivo tipo “.DAE”. Con este paso lograremos cargar un nuevo modelo de

FlowItem en 3D para la base de datos del programa.

**Gráfico 92.** Ingreso de un archivo 3D al sistema del programa

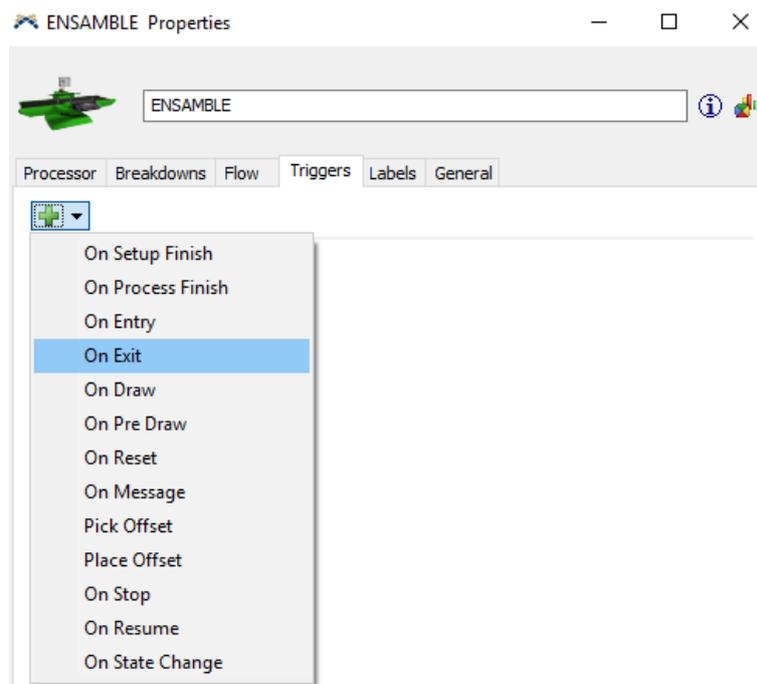


**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

Ahora nos ubicamos en la ventana de propiedades de cualquiera de las máquinas de proceso, en la que deseamos realizar esta configuración. Ingresando en la pestaña de “Triggers” damos clic en el icono (+) de color verde, seleccionamos la opción “On Exit” (véase Gráfico 93).

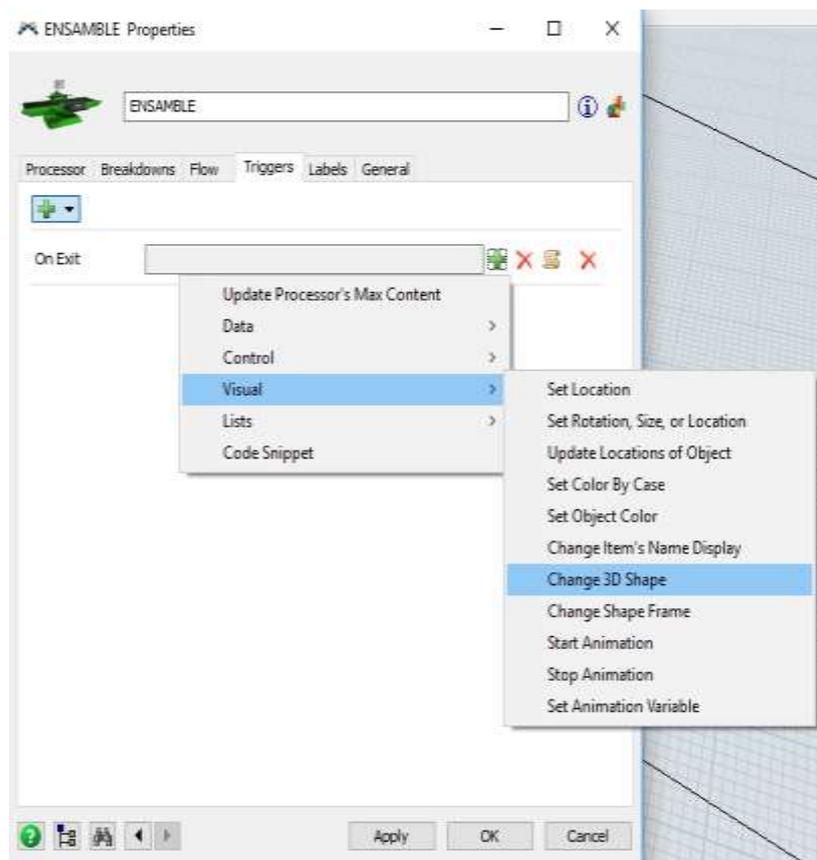
Se añadirá una nueva selección de “On Exit”, entrando dando clic en el símbolo (+) de color verde, nos dirigimos a “Visual” y luego a “Change 3D Shape” (véase Gráfico 92). Nos aparecerá una nueva ventana, en la cual seleccionaremos la barra “Shape” y en la parte final de la lista, nos debe aparecer ingresado nuestro modelo 3D en la base de datos del programa, lo seleccionamos y OK (véase Gráfico 95).

**Gráfico 93.** Ventana Trigger-On Exit de un proceso.



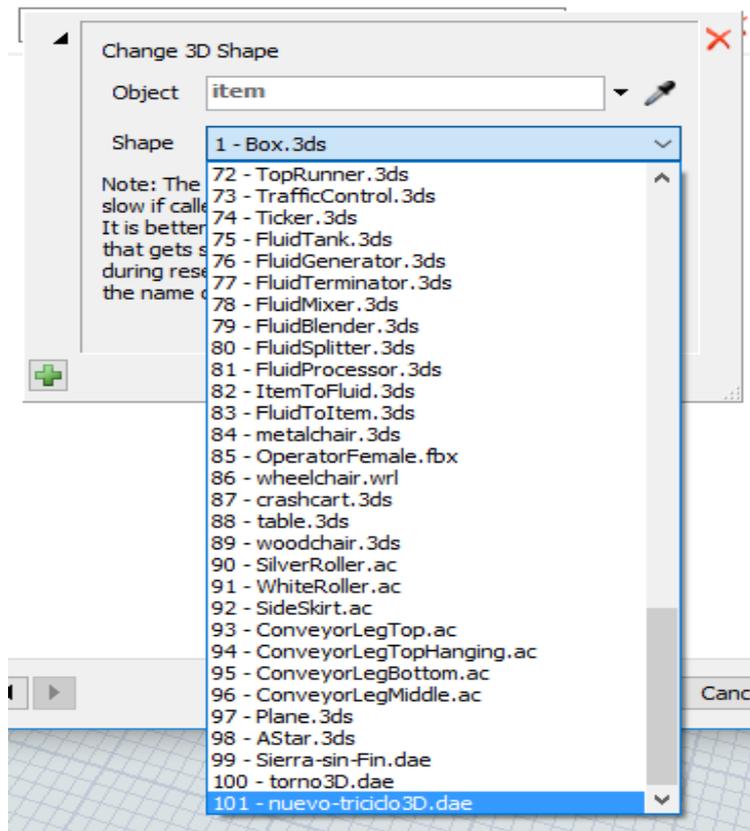
**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

**Gráfico 94.** Asignación de salida “Change 3D Shape” en un Processor



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

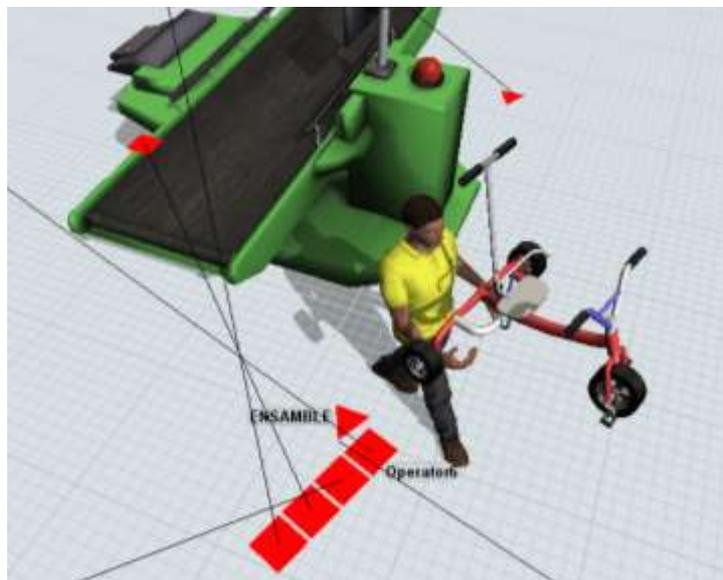
**Gráfico 95.** Selección de Archivo 3D ingresado al programa.



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

Simulando el proceso, se puede visualizar que obtendremos en la salida de un proceso, un nuevo FlowItem. Para este caso de simulación, agregue la imagen 3D del modelo de triciclo que sale al final de toda la célula de producción.

**Gráfico 96.** Final de la célula de producción



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

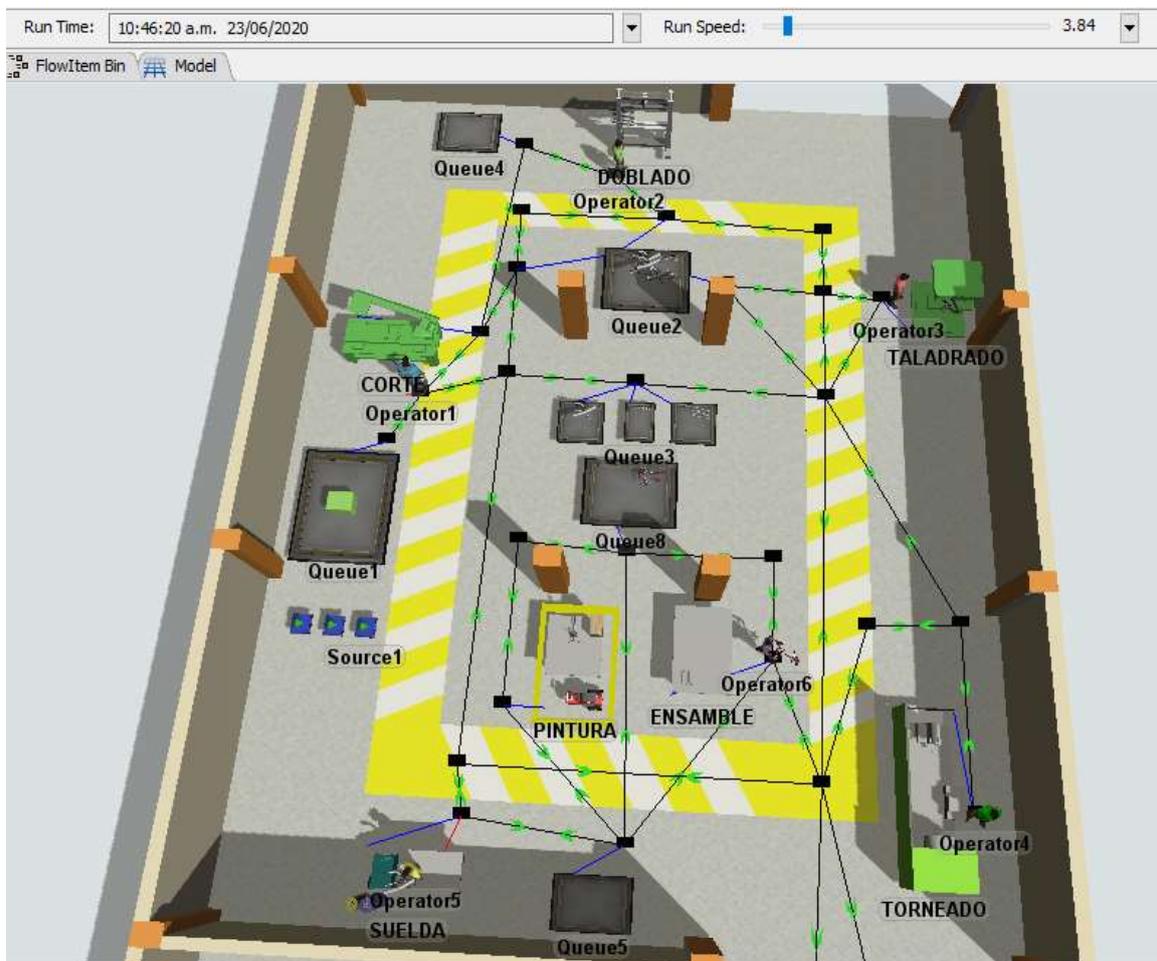
Se debe mencionar, que también se puede realizar este tipo de cambio de FlowItems, en la salida de cada proceso, cambiando en la misma herramienta “Plane” su apariencia general, y esto ingresara ese nuevo modelo a la base de datos del programa.

### 11.6. Importación del plano de trabajo, resultado final de la simulación.

Simplemente utilizaremos el mismo cambio de apariencia, en las propiedades de la herramienta “Plane” y remplazándolo por un archivo compatible con Flexsim “.DAE” lo cual será el archivo 3D del Taller de Mecanizado de Industrial.

Esto permitirá obtener mejor una visualización de la simulación, e incluso ayudará a realizar cualquier tipo de análisis que sea requerido por la persona que realiza la simulación.

**Gráfico 97.** Plano de trabajo (taller mecanizado Industrial)



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

Interpretando el estado de todas las herramientas de simulación del gráfico anterior, es de la siguiente manera, luego de transcurrir el tiempo de simulación de 9920seg – 2:46hrs

de proceso, el cual es tiempo necesario para que salga el primer producto.

**Tabla 36.** Estado de producción al salir el primer producto.

E/S material			Operadores		Filas		Procesadores		
N°	Nombre	Actividad	N°	Actividad	N°	Actividad	N°	Proceso	Actividad
1	Source	Despacho material Type 1	1	Realizando el proceso de corte	1	Capacidad máxima de materiales, 1, 2, 3.	1	Corte	Trabajando
2	Source	Despacho material Type 2	2	Realizando el proceso de doblado	2	Capacidad media de material 1, 2, 3.	2	Prensado	Trabajando
3	Source	Despacho material Type 3	3	Realizando el proceso de taladrado	3	Capacidad mínima de material 2.	3	Taladrado	Trabajando
1	Sink	Salida de material.	4	Realizando el proceso de torneado	4	Capacidad mínima de material 3.	4	Torneado	Trabajando
			5	Realizando el proceso de solda (combinación)	5	Capacidad mínima de material 2.	5	Suelda	Trabajando
			6	Transportando salida de primer producto	6	Capacidad mínima de material 1.	6	Pintado	En espera por operador
					7	Capacidad mínima de material soldado (combinado).	7	Ensamble	Salida de primer producto
					8	Producto en espera de secado.			

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

Con todos estos pasos, hemos logrado simular un ambiente de procesamiento, en este caso, la elaboración de la célula de trabajo del proceso de un triciclo.

## 12. PRESUPUESTO PARA LA PROPUESTA DEL PROYECTO.

### 12.1. Adquirir la versión gratuita de Simulación.

Para obtener este tipo de beneficio por parte del programa, simplemente debemos hacer lo siguiente.

Ingresando a la página principal del programa ([www.flexsim.com](http://www.flexsim.com)), si se tiene la posibilidad de traducir el contenido, nos ofrecerá facilidad en la descarga, ingresaremos en “Prueba Flexsim Gratis”.

**Gráfico 98.** Página principal del programa de simulación



**Fuente:** [www.flexsim.com](http://www.flexsim.com)

En la parte final de la página que nos aparecerá, le damos clic en un icono de color naranja, “Flexsim Express”

**Gráfico 99.** Ventana de descarga gratuita del Programa



**Fuente:** [www.flexsim.com](http://www.flexsim.com)

Luego instalaremos como cualquier otra aplicación, se nos asignará un código único, el cual será permitido por el programa, evitando cualquier tipo de programa no oficial en Flexsim.

## 12.2. Adquirir plan de uso estudiantil en el programa.

Una vez descargado el programa, se tiene la opción de proceder a usar una licencia, que también se la puede obtener gratuitamente, pero con unos simples pasos, contactando al personal de asistencia en ventas del programa. Esta información se encuentra en la página oficial de Flexsim, en la pestaña de “Contacto” y buscando la información del personal en ventas para el país deseado.

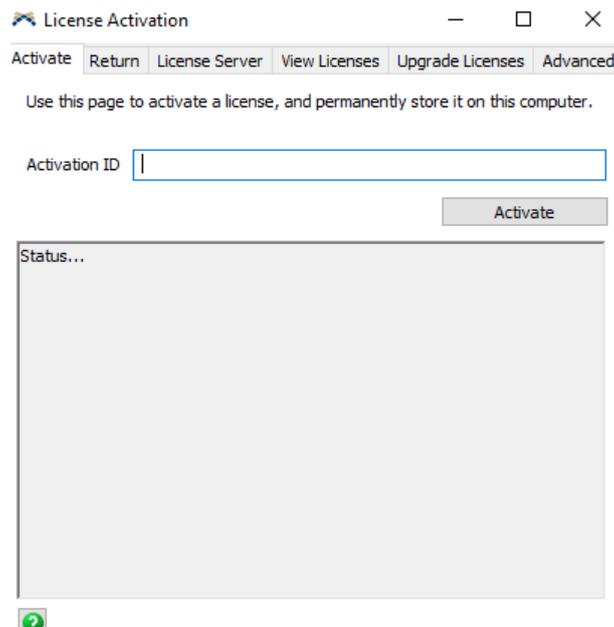
Gráfico 100. Contacto personal de ventas.



Fuente: [www.flexsim.com](http://www.flexsim.com)

Con la información de contacto, podremos enviar un correo dirigido al personal de ventas, especificando que desean usar el programa con propósitos de aprendizaje. El personal responderá solicitando información del estudiante que solicita la licencia, entre otras.

Una vez que se nos apruebe la solicitud de uso, se nos enviará un usuario ID, el cual lo ingresaremos desde la ventana principal del programa, como se nos muestra en el gráfico 26, seleccionando en “Licensig”, se abrirá una ventana, en la cual pegaremos la información de usuario, y automáticamente se procesará la información.

**Gráfico 101.** Ventana de Activación de Licencia.

**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

Estos pasos nos permitirán usar el programa, en su versión de uso académico, el cual contiene el permiso de utilizar 100 objetos, para simular.

### 12.3. Adquirir plan pago en el programa –cotización–.

Esta información, es sumamente resguardada por el personal de ventas, esto dependerá de las variaciones en especificaciones de uso, en las cuales será destinado para el programa, ofreciendo así mismo variaciones en los beneficios que vienen incluidos con el precio.

Logramos conseguir una cotización, autorizada para ser compartida por el personal de ventas. Esto se puede ser usado en un laboratorio computarizado, para realizar simulaciones, sin restricciones en uso de objetos, e incluidos otros programas que ayudaran en el análisis de datos.

Esta información es parte de una oferta, eso quiere decir que tiene un tiempo límite de estar activa.

**Tabla 37.** Cotización en precios FLEXSIM.

<b>TABLA DE PRECIOS FLEXSIM</b>			
	<b>CONCEPTO</b>	<b>PRECIO</b>	
<b>Licenciamiento</b>	Licencia de red FlexSim de 20 puestos (Cortesía de 10 puestos para un total de 30 puestos).	\$ 7.000 USD	
	Herramientas de análisis de datos (Experfit – Experimenter – Dashboard- PROCESSFLOW)	<b>Incluidas</b>	
<b>General</b>	Plan de actualizaciones y soporte técnico durante el primer año	<b>Incluido</b>	
	Capacitación básica en línea (2 días, sesiones de 4 horas cada una)	<b>Incluido</b>	
		<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$7.000,00</b>
		<b>12% IVA</b>	<b>840,00</b>
		<b>TOTAL</b>	<b>\$7.840,00</b>

**Fuente:** (COLEDIDACTUCUM CIA. LTDA, 2020)

### 13. CONCLUSIONES

- El interés de los estudiantes de Ingeniería Industrial, es notable, debido a sus respuestas que fueron expuestas en la encuesta, significando que el proyecto de investigación será bien acogido, y que también nos demuestra que se abarca un buen campo de estudio como lo es el aprendizaje y manejo de procesos, lo cual es importante en el perfil de un Ingeniero Industrial.
- El realizar y determinar una secuencia de procesos se logra entender la importancia de aprender estos temas, pues un dominio de conocimientos bases, acerca de los procesos y la simulación, benefician al estudiante y lo guían por el camino del profesional Industrial.
- Al diseñar una simulación, tendrá una herramienta de análisis, que debe ser aprovechada al máximo, incluyendo todo tipo de estudios, que se pueden relacionar con las actividades laborales de la vida cotidiana en cualquier tipo de procedimientos.
- EL software de simulación escogido ofrece grandes beneficios, al ser un programa de visualización y análisis de procesos, medición y manejo de tiempos, movimiento de materia prima, aprovechamiento de espacios.

#### 14. RECOMENDACIONES.

- Optar por conocer acerca programas de simulación en las actividades de aprendizaje, para realizar los debidos análisis de acciones en todo tipo de situaciones o trabajos.
- Se puede realizar una extensa investigación, en más fuentes bibliográficas, sobre el manejo de los procesos, la industria 4.0, entre otras que reforzaran el conocimiento del profesional.
- Al momento de realizar un cambio en la simulación, se debe comprobar la fluidez de la misma, con el fin de identificar errores fácilmente. Con la versión gratuita de 30 objetos, se puede obtener mucho provecho, simulando procesos, de entrada y salida de un producto, en baja complejidad.
- Uno de los complementos de este trabajo, sería el añadir un valor más en el análisis del producto a simular, y nos referimos a otras herramientas complementarias, un ejemplo es SOLIDWORKS, el cual permite el análisis estructural de los materiales y su resistencia.

## 15. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- A., R. (2004). Modelo de simulación. En R. A., *Modelo de simulación* (pág. 13). Bogota: Corpoica.
- Alonso Revenga, j. M. (2008). Flujo en Redes y Gestión de Proyectos. En j. M. Alonso Revenga, *Teoría y Ejercicios Resueltos* (pág. 193). netbiblo.
- Chandavoine, C. (19 de Agosto de 2016). *TRILOGIQ*. Obtenido de <https://trilogiq.es/las-celulas-de-trabajo-personalizadas-promueven-el-trabajo-en-equipo/>
- COLEDIDACTUCUM CIA. LTDA. (2020). *Cotización N°: UTC-MR-29-07-2020*. Ventas. Quito: Flexsim Andina. Recuperado el 28 de Julio de 2020
- Encarnacion Sotelo, R. A. (2017). *DISEÑO DE CÉLULAS DE MANUFACTURA Y PROPUESTA DE UN MODELO LEAN PARA AGREGAR VALOR EN UN AREA DE CONVERSIÓN DE PRODUCTO LACTEO: ESTUDIO DE CASO*. Lima: Pontifica Universidad Catolica de Perú. Obtenido de PUCP:  
file:///C:/Users/PERSONAL/Downloads/ENCARNACION\_SOTELO\_DISE%C3%91O\_CELULAS.pdf
- futuro, R. E. (29 de 03 de 2008). *Retroinformática. El pasado del futuro*. Obtenido de Retroinformática. El pasado del futuro: <https://www.fib.upc.edu/retroinformatica/avui/simulacio.html>
- Gonzalez, R. C.-D. (SN). *Diseno y seleccion de procesos*. Mar de plata: Universidad Ncional De Mar de plata.
- Gonzalez, R. C.-D. (SN). *DISEÑO Y SELECCIÓN DE PROCESOS*. Mar de plata: Universidad nacional de mar de plata.
- Guasch Toni, R. J. (s.f.). Cómo mejorar la logística de su empresa mediante la simulación. En R. J. Guasch Toni, *Cómo mejorar la logística de su empresa mediante la simulación* (pág. 73). Díaz de santo.
- IEES. (17 de Noviembre de 1986). *INSTITUTO ECUATORIANO DE SEGURIDAD SOCIAL*. Obtenido de <https://www.prosigma.com.ec/pdf/nlegal/Decreto-Ejecutivo2393.pdf>
- Isaías, S. M. (2016). *Un primer paso a la simulacion con Flexsim* (Vol. Primero). (M. Rosadini, Ed.) Pachuca, Hidalgo, México: FlexSim Iberia. Recuperado el 04 de Junio de 2020
- Krajewski Lee, R. L. (2000). Administración de operaciones: estrategia y análisis. En R. L. Krajewski Lee, *Administración de operaciones: estrategia y análisis* (pág. 351). México: Pearson Educación.
- Mikel Ferreiro, C. A. (2011). *Simulacion de procesos Productivo de Inasa S.A*. Pamplona: Universidad publica de Navarra.
- Ocampo, J. R., & Pavón, A. E. (Julio de 2012). Integrando la Metodologia DMAIC de Seis Sigma con la Simulacion de Eventos Discretos en Flexsim. *Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology*, 5. Obtenido de <http://laccei.org/LACCEI2012-Panama/RefereedPapers/RP147.pdf>

- Pulmonsito. (14 de Enero de 2017). *Wordpress*. Obtenido de <https://pulmonsito.wordpress.com/2017/01/14/proyecto-final-de-esdistica/>
- Quesada Campos, J. D. (28 de Agosto de 2019). *Linkedin*. Obtenido de <https://www.linkedin.com/pulse/concepto-de-manufactura-celular-jos%C3%A9-david-quesada-campos>
- Shannon, R. E. (2003). Simulación: un enfoque práctico. En R. E. Shannon, *Simulación: un enfoque práctico* (págs. 12, 123, 14). Mexico: Limusa.
- Socconin, L. (17 de Junio de 2019). *LEAN SIX SIGMA INSTITUTE*. Obtenido de <https://www.lssi-spanish.org/post/manufactura-celular>
- Wolters Kluwer. ((s.f)). *Distribución en Planta Celular*. Recuperado el 18 de Mayo de 2020, de Guías Jurídicas: [https://www.guiasjuridicas.es/Content/Documento.aspx?params=H4sIAAAAAAAAAEAMtMSbF1jTAAASNjYzMTtbLUouLM\\_DxblwMDSONDA1OQQGZapUt-ckhIQaptWmJOcSoA7\\_citzUAAAA=WKE](https://www.guiasjuridicas.es/Content/Documento.aspx?params=H4sIAAAAAAAAAEAMtMSbF1jTAAASNjYzMTtbLUouLM_DxblwMDSONDA1OQQGZapUt-ckhIQaptWmJOcSoA7_citzUAAAA=WKE)

## 16. ANEXOS.

### Datos del tutor del proyecto.

#### TUTOR:

**Nombres:** Ing. Ángel Marcelo  
**Apellidos:** Tello Córdor  
**Teléfono/Celular:** 0993394177  
**Correo Electrónico:** angel.tello@utc.edu.ec

### Datos de los estudiantes autores del proyecto

#### ESTUDIANTE 1:

**Nombres:** Marcelo Javier  
**Apellidos:** Lomas Angamarca  
**Lugar y fecha de nacimiento:** La Joya de los Sachas, 28 de noviembre de 1996  
**Numero de cedula:** 2200136881  
**Dirección:** Av. Alejandro Labaka y Machala  
**Teléfono:** 0967927055  
**E-mail:** marcelo.lomas6881@utc.edu.ec  
**Estudios realizados:**  
**Primaria:** Unidad Educativa “Ciudad de Ibarra”  
**Secundaria:** Colegio Técnico “12 de Febrero”



**ESTUDIANTE 2:**

**Nombres:** José Javier  
**Apellidos:** Romero Álvarez  
**Lugar y fecha de nacimiento:** Pillaro, 10 de marzo de 1997  
**Numero de cedula:** 1804799441  
**Dirección:** Pillaro -Tungurahua  
**Teléfono:** 0990357519  
**E-mail:** jose.romero9441@utc.edu.ec  
**Estudios realizados:**  
**Primaria:** Escuela "Mariscal Sucre"  
**Secundaria:** Colegio "Jorge Álvarez"



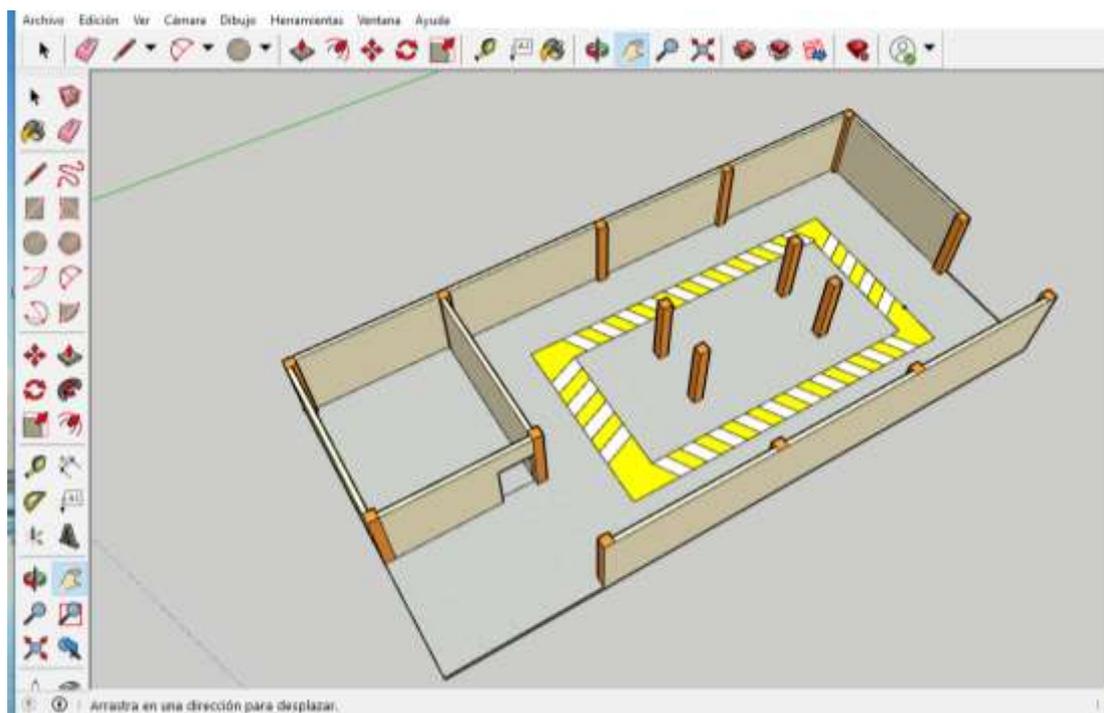
### **Imágenes creadas a partir del software Google Sketchup 2020.**

Los cuales son realizados en el programa de diseño 3D, de la compañía Google, el cual nos permite visualizar objetos desde 3 dimensiones, así como también crearlos.

Sketchup puede vincular sus archivos a otros programas, siendo el más conocido en la relación con Flexsim. El programa puede detectar objetos creados en 3 dimensiones, desde las extensiones Sketchup: Stl, Dae.

Con este programa hemos realizado el campo de trabajo de nuestra célula de producción, refiriéndonos al Taller de Mecanizado de Ingeniería Industrial.

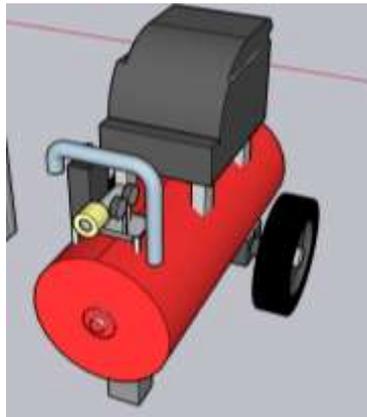
**Gráfico 102.** Espacio de trabajo (Taller Industrial) en 3D



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

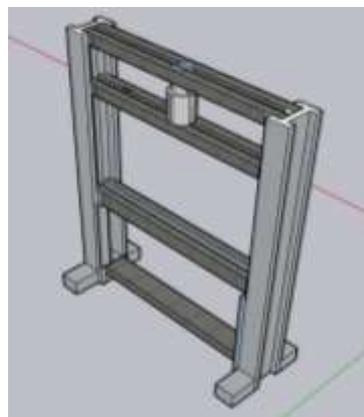
## Maquinas realizadas en Sketchup 2020.

**Gráfico 103.** Compresor.



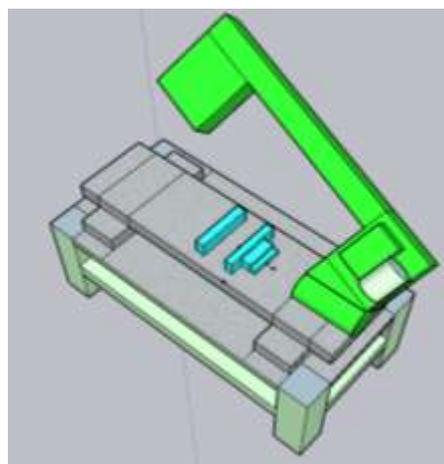
**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

**Gráfico 104.** Prensa Hidráulica



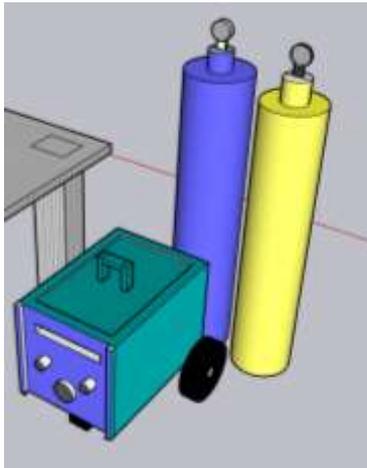
**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

**Gráfico 105.** Sierra sin Fin.



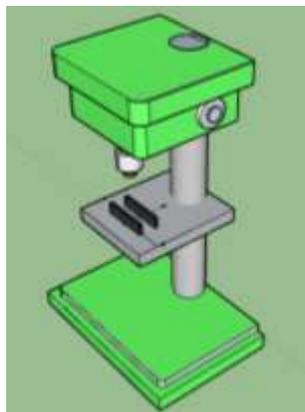
**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

**Gráfico 106.**Equipo de Soldadura.



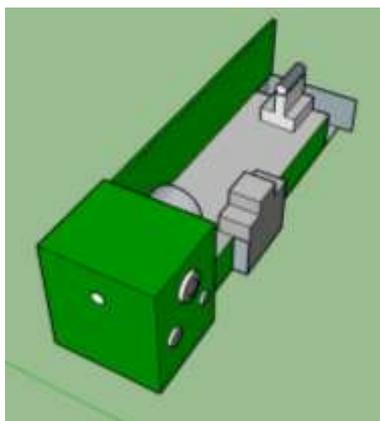
**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

**Gráfico 107.**Taladro Vertical.



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

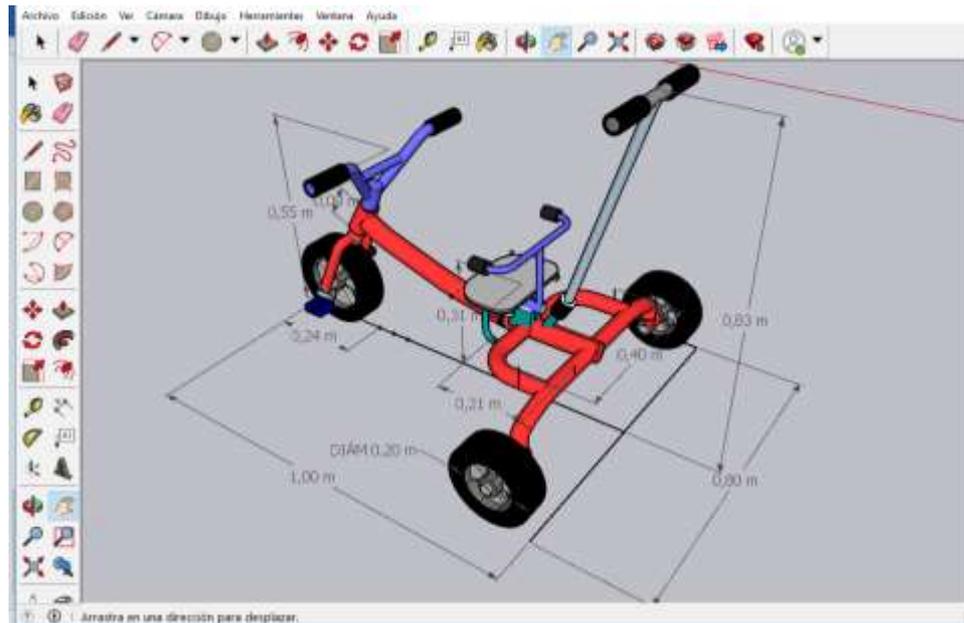
**Gráfico 108.**Torno CNC.



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

## Diseño del triciclo en 3 dimensiones desde Sketchup 2020.

**Gráfico 109.** Diseño en 3D del triciclo.



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

### Como guardar un archivo que sea compatible con Flexsim.

Sketchup tiene varias opciones para guardar un objeto y que pueda ser un archivo de lectura en Flexsim. En lo que recomendamos realizarlo en archivo DAE. Explicaremos por medio de imágenes.

Una vez situados en el programa de Google Sketchup, y con el objeto que deseamos vincular a Flexsim, nos dirigimos a la parte superior del programa, en la pestaña de “Archivos”, opción “Exportar”, y seleccionamos en Modelo 3D.

**Gráfico 110.** Ventana de Modelado 3D Sketchup 2020.

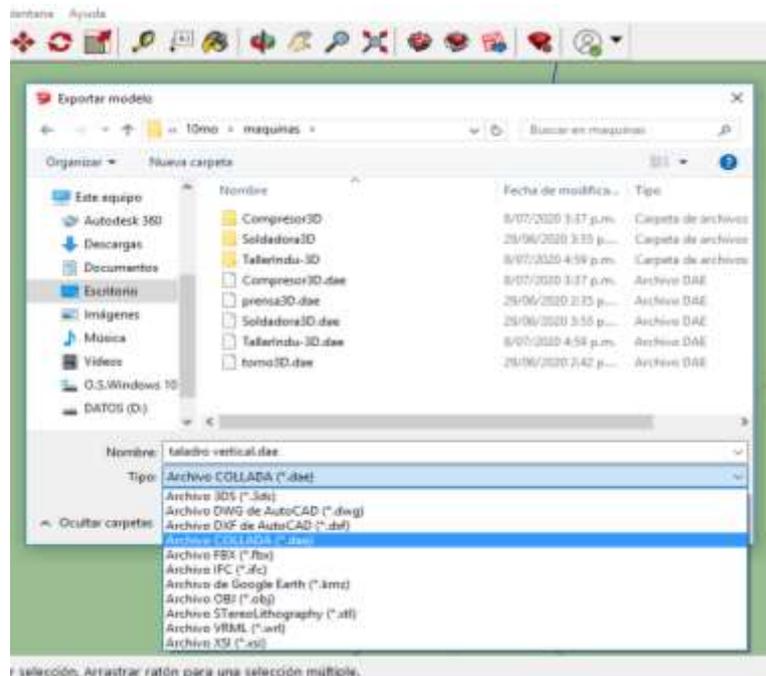


**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero

Se nos desplegará una nueva ventana en la cual lleva de título “Exportar Modelo”, nos ubicamos en el lugar donde se desea guardar el archivo, colocamos el nombre según se desea y en la pestaña tipo, recomendamos utilizar la opción: “Archivo COLLADA (\*.dae)”.

Este tipo de archivo nos servirá para la parte visual de la simulación en Flexsim.

**Gráfico 111.** Ventana de Modelado 3D Sketchup 2020.



**Fuente:** Marcelo Lomas y José Romero