

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN PARA LA GESTIÓN DE
PRODUCCIÓN DE CERÁMICOS POR CORTE Y RECTIFICADO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
INFORMÁTICO**

AUTOR

Yuser Arturo Cueva Sanchez

ASESOR

Mag. Rony Cueva Moscoso

Lima, setiembre, 2019

Resumen

En este proyecto de fin de carrera se propone desarrollar un sistema que apoye la planificación y el control de la producción de cerámicas por corte y rectificado. Esto abarca minimizar el desperdicio del material y llevar un control de mermas durante el proceso productivo que pueda garantizar el cumplimiento de las órdenes de los clientes y evitar el incremento de los costos originados por el desperdicio.

Mantener un adecuado costo de lo producido, no es exclusivo del sector cerámico sino de cualquier empresa dedicada a la manufactura, por tal motivo se debe contar con una adecuada planificación de lo que se va a producir, asimismo este proceso ayuda a satisfacer la demanda de los clientes. Además, una empresa que no implementa un plan y control de producción en su sistema de manufactura no utilizará apropiadamente sus inventarios y los recursos que posee. Un punto de inicio para el planeamiento de la producción es establecer la cantidad de productos que se fabricará durante un periodo de tiempo, basado en un plan base desarrollado a partir de un programa de ventas que establece la cantidad de cada producto a ser vendido.

Este proyecto de fin de carrera se centra en un ambiente de fabricación contra orden, en el cual la producción empieza cuando se recibe la orden del cliente y se caracteriza porque se solicitan productos exclusivos; además se resalta la importancia de un planeamiento y control de producción en este ambiente de fabricación pues es esencial el uso eficiente y efectivo de la capacidad disponible, con el fin de satisfacer los pedidos de los clientes. Un ejemplo de fabricación contra orden, en el sector de producción de cerámicos, ocurre cuando los clientes solicitan baldosas de distintos tamaños lo que origina que se realicen cortes normales o rectificados dependiendo de las características solicitadas. Además, se debe considerar minimizar el desperdicio del material que puede quedar al realizar este proceso pues afecta el

costo de producción del producto terminado; para ello se debe llevar un control de mermas durante el proceso de producción.

Para mejorar la productividad de las empresas se debe controlar las mermas que se generan en los diferentes procesos, evaluando el impacto económico que estas representan para la empresa. Finalmente, con un adecuado control de mermas y un adecuado planeamiento de producción para la fabricación contra orden se podrían elegir las órdenes solicitadas y asegurar el cumplimiento del pedido de los clientes y la disponibilidad de stock para la cantidad de solicitudes que se planeó.



Índice

Índice de Figuras.....	10
Índice de Tablas	14
1. Generalidades	16
1.1. Problemática	16
1.2. Objetivos.....	20
1.2.1. Objetivo General	20
1.2.2. Objetivos Específicos.....	20
1.2.3. Resultados Esperados.....	20
1.2.4. Mapeo de objetivos, resultados y medios de verificación.....	22
1.3. Herramientas y Métodos	24
1.3.1. Herramientas	25
1.3.2. Metodologías.....	27
1.3.3. Métodos.....	28
1.4. Alcances, Limitaciones y Riesgos	28
1.4.1. Alcance y limitaciones	28
1.4.2. Riesgos	30
1.5. Viabilidad.....	31
1.5.1. Viabilidad Técnica	31
1.5.2. Viabilidad Temporal	31

1.5.3. Viabilidad Económica	32
2. Marco Conceptual.....	33
2.1. Productos Cerámicos	33
2.1.1. Baldosas Cerámicas.....	33
2.1.1.1. Baldosas Rectificadas	33
2.2. Corte.....	34
2.3. Problema de corte (Cutting Stock Problem)	34
2.4. Rotura.....	36
2.5. Planeamiento y control de producción.....	36
2.6. Programa maestro de producción (MPS).....	36
2.7. Ambiente de fabricación	37
2.7.1. Fabricación contra inventario.....	37
2.7.2. Fabricación contra orden.....	37
2.8. Merma	38
2.9. Algoritmo genético	38
3. Estado Del Arte	39
3.1. Soluciones para el problema de corte	39
3.1.1. Metaheurística GRASP para un problema de corte de material irregular de dos dimensiones (A GRASP meta-heuristic for two dimensional irregular cutting stock problem)	

3.1.2. Implementación del algoritmo metaheurístico Cuckoo Search para la optimización de cortes en dos dimensiones de productos cerámicos con defectos para la producción de piezas decorativas	40
3.2. Soluciones de sistemas de manufactura	41
3.2.1. MRPeasy	41
3.2.2. PLEX.....	43
3.2.3. SAP PP.....	44
3.2.4. EciM1	46
3.3. Conclusiones	47
4. Modelo de procesos de negocio.....	49
4.1. Proceso de toma de pedidos.....	49
4.2. Proceso de planificación	50
4.3. Proceso de manufactura de cerámicos por corte y rectificado.....	51
5. Documento de análisis.....	53
5.1. Catálogo de requisitos.....	53
5.1.1. Requisitos funcionales.....	53
5.1.2. Requisitos no funcionales.....	54
5.2. Catálogo de actores	55
5.2.1. Usuario del sistema	55
5.2.2. Supervisor de planta.....	55
5.2.3. Supervisor de producción.....	56
5.2.4. Operario.....	56

5.3.	Casos de uso.....	56
5.3.1.	Casos de uso de la aplicación de planificación	56
5.3.2.	Casos de uso aplicación de digitación y control	58
5.3.3.	Otros casos de uso	59
6.	Documento de Diseño	62
6.1.	Diagrama de despliegue	62
6.2.	Patrón de arquitectura modelo, vista y controlador	63
6.3.	Modelo de la base de datos	64
6.4.	Estándares de interfaz	64
6.4.1.	Letra y colores	64
6.4.2.	Botones.....	65
7.	Adaptación del algoritmo genético.....	67
7.1.	Función objetivo	67
7.1.1.	Restricciones para la función objetivo	68
7.2.	Estructuras de datos	69
7.2.1.	Operadores de integración.....	69
7.2.2.	Operador de rotación.....	70
7.2.3.	Clase rectángulo	70
7.2.4.	Clase stock.....	71
7.2.5.	Clase nodo	71
7.2.6.	Clase cromosoma	72

7.2.7.	Lista de genes	73
7.2.8.	Árbol binario	74
7.3.	Adaptación del algoritmo.....	76
7.3.1.	Restricción en la solución	76
7.4.	Algoritmo genético	77
7.5.	Construcción de población inicial.....	79
7.6.	Creación de individuos	80
7.7.	Calcular función objetivo para la población	82
7.7.1.	Distribución del stock.....	83
7.7.2.	Método de selección.....	85
7.7.3.	Método de cruzamiento.....	86
7.7.4.	Método de mutación.....	92
8.	Aplicación de planeamiento, control y producción	94
8.1.	Órdenes de producción	94
8.2.	Detalle de una orden	95
8.3.	Planificación de órdenes	96
8.4.	Lista de órdenes planificadas	97
8.5.	Registro diario de la producción planificada	98
8.6.	Detalle de planificación	99
8.7.	Soluciones de corte	101
8.8.	Administración de materiales	102

8.9.	Lista de materiales	103
8.10.	Detalle de una lista de material	104
8.11.	Líneas de producción	105
8.12.	Importar pedidos	106
8.13.	Administración de usuarios	107
8.14.	Reportes.....	108
9.	Pruebas y documentos de validación.....	109
9.1.	Pruebas de orden de producción	109
9.2.	Pruebas de planificación	110
9.3.	Pruebas de soluciones de corte	111
9.4.	Documentos de validación.....	113
10.	Conclusiones y trabajos futuros	114
10.1.	Conclusiones	114
10.2.	Trabajos futuros.....	115
11.	Referencias.....	116
12.	Anexos	120
1)	Cronograma del proyecto	120
2)	Lista de soluciones.....	122
3)	Solución de corte exportada	123
4)	Detalle de un material.....	124
5)	Detalle de una línea de producción.....	125

6) Detalle de un usuario	125
7) Lista de roles.....	126
8) Generación de un reporte de producción	126
9) Generación de un reporte de corte	127
10) Ejemplo de reporte de producción	128
11) Ejemplo de reporte de planificación por órdenes	129
12) Ejemplo de reporte de planificación por líneas de producción.....	130
13) Ejemplo de reporte de corte	131
14) Pruebas de órdenes.....	132
15) Prueba de planificaciones	133
16) Pruebas de soluciones	134
17) Pruebas de materiales.....	135
18) Pruebas de lista de materiales	136
19) Encuesta de procesos	136
20) Encuesta de validación de modelado de procesos	137

Índice de Figuras

Figura 1. Cerámico cortado por un mecanismo automático. Imagen recuperada de Building and Construction Authority (2010).....	34
Figura 2. Vista de una orden de producción en la versión web del sistema.	42
Figura 3. Creación de tableros de control personalizados de acuerdo al rol.....	44
Figura 4. Cálculo de las cantidades de materiales en la fórmula de planificación. Imagen recuperada de Jawad Akhtar (2013)	46
Figura 5. Vista de requerimiento de materiales para el sistema	47
Figura 6. Proceso de toma de pedidos. Fuente: Elaboración propia.	49
Figura 7. Proceso de planificación. Fuente: Elaboración propia.	50
Figura 8. Proceso de manufactura de cerámicos por corte y rectificado.	51
Figura 9. Diagrama de actores. Fuente: Elaboración propia.....	55
Figura 10. Diagrama de casos de uso de la aplicación de planificación.....	56
Figura 11. Diagrama de casos de uso para la aplicación de digitación y control. Fuente: Elaboración propia.	58
Figura 12. Diagrama de casos de uso adicionales. Fuente: Elaboración propia.	59
Figura 13. Diagrama de despliegue. Fuente: Elaboración propia.....	62
Figura 14. Patrón de arquitectura modelo, vista y controlador. Fuente: Elaboración propia. .	63
Figura 15. Modelo de base de datos: Fuente: Elaboración propia.	64
Figura 16. Ejemplo de botones normales. Fuente: Elaboración propia.	65

Figura 17. Ejemplo de botones neutrales. Fuente: Elaboración propia.	66
Figura 18. Ejemplo de botón de eliminación. Fuente: Elaboración propia.	66
Figura 19. Representación de solución como árbol. Fuente: Elaboración propia	75
Figura 20. Representación parcial de solución como árbol. Fuente: Elaboración propia.....	75
Figura 21. Ejemplo de disposición de piezas. Fuente: Elaboración propia	76
Figura 22. Progenitores para ejemplo de cruzamiento. Fuente: Elaboración propia	87
Figura 23. Progenitores sin operadores. Fuente: Elaboración propia.	87
Figura 24. Selección de piezas de intercambio. Fuente: Elaboración propia.	87
Figura 25. Descendientes de progenitores 1 y 2. Fuente: Elaboración propia.....	88
Figura 26. Selección de piezas de intercambio en progenitores para el segundo ejemplo. Fuente: Elaboración propia.	91
Figura 27. Intercambio de piezas con repetidas para el segundo ejemplo. Fuente: Elaboración propia.	91
Figura 28. Descendientes para el segundo ejemplo. Fuente: Elaboración propia.	92
Figura 29. Lista de órdenes de la aplicación. Fuente: Elaboración propia.	94
Figura 30. Detalle parcial de una orden de producción. Fuente: Elaboración propia.....	95
Figura 31. Detalle parcial de una orden de producción. Fuente: Elaboración propia.....	96
Figura 32. Planificación de una orden. Fuente: Elaboración propia.....	97
Figura 33. Lista de órdenes planificadas. Fuente: Elaboración propia.	98
Figura 34. Registro diario. Fuente: Elaboración propia.....	99
Figura 35. Detalle de una planificación. Fuente: Elaboración propia.....	100
Figura 36. Detalle de planificación con registro diario. Fuente: Elaboración propia.....	101

Figura 37. Soluciones de corte. Fuente: Elaboración propia.	102
Figura 39. Lista de materiales. Fuente: Elaboración propia.	104
Figura 40. Detalle de una lista de materiales. Fuente: Elaboración propia.....	105
Figura 40. Administración de una línea de producción. Fuente: Elaboración propia. }.....	106
Figura 41. Importar pedidos. Fuente: Elaboración propia.	107
Figura 42. Administración de usuarios. Fuente: Elaboración propia.....	107
Figura 43. Generación de un reporte de planificación. Fuente: Elaboración propia.	108
Figura 44. Lista de soluciones. Fuente: Elaboración propia.	122
Figura 45. Ejemplo de solución exportada en formato csv. Fuente: Elaboración propia.	123
Figura 46. Detalle de un material. Fuente: Elaboración propia.	124
Figura 47. Detalle de una línea de producción. Fuente: Elaboración propia.	125
Figura 48. Detalle de un usuario. Fuente: Elaboración propia.	125
Figura 49. Lista de roles. Fuente: Elaboración propia.	126
Figura 50. Generación de un reporte de producción. Fuente: Elaboración propia.	126
Figura 51. Generación de un reporte de corte. Fuente: Elaboración propia.	127
Figura 52. Ejemplo de reporte de producción. Fuente: Elaboración propia.	128
Figura 53. Ejemplo de un reporte de planificación por orden. Fuente: Elaboración propia. .	129
Figura 54. Ejemplo de reporte de planificación por líneas. Fuente: Elaboración propia.....	130
Figura 55. Ejemplo de reporte de corte. Fuente: Elaboración propia.	131
Figura 56. Código de pruebas de órdenes. Fuente: Elaboración propia.	132
Figura 57. Código de pruebas de planificaciones. Fuente: Elaboración propia.....	133

Figura 58. Código de pruebas de soluciones. Fuente: Elaboración propia. 134

Figura 59. Código de pruebas de materiales. Fuente: Elaboración propia. 135

Figura 60. Código de pruebas de lista de materiales. Fuente: Elaboración propia. 136



Índice de Tablas

Tabla 1. Objetivo, resultados, herramientas y medios de verificación.	22
Tabla 2. Herramientas y métodos.	24
Tabla 3. Riesgos del proyecto.	30
Tabla 4. Requisitos funcionales del sistema.	53
Tabla 5. Requisitos no funcionales del sistema.	54
Tabla 6. Definición de la clase rectángulo.	71
Tabla 7. Definición de la clase stock.	71
Tabla 8. Definición de la clase nodo.	72
Tabla 9. Definición de la clase cromosoma.	72
Tabla 10. Estructura para la solución.	73
Tabla 11. Ejemplo de solución.	73
Tabla 12. Pseudocódigo del algoritmo genético.	77
Tabla 13. Pseudocódigo de construcción de la población inicial.	79
Tabla 14. Pseudocódigo de creación de individuo.	80
Tabla 15. Pseudocódigo del cálculo de la función objetivo para la población.	82
Tabla 16. Pseudocódigo de distribución del stock.	84
Tabla 17. Pseudocódigo del método de selección.	85
Tabla 18. Pseudocódigo del método de cruzamiento.	88
Tabla 19. Pseudocódigo de validación y corrección de piezas intercambiadas.	89

Tabla 20. Pseudocódigo de mutación de cromosoma.....	92
Tabla 21. Casos de pruebas de órdenes de producción.....	109
Tabla 22. Casos de pruebas de planificaciones.....	110
Tabla 23. Casos de pruebas de soluciones de corte.	112



1. Generalidades

1.1. Problemática

Según la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial, la producción mundial de manufactura se mantuvo creciendo durante los últimos meses del año 2017, siguiendo una tendencia de crecimiento desde inicios de ese año (UNIDO, 2017). Este crecimiento se le atribuye en mayor parte a los países industrializados, además, se considera que las fuerzas impulsoras que aportaron a lograr el resultado fueron la mejora en las condiciones del negocio, el crecimiento de los gastos del consumidor y prometedores planes de inversión. (UNIDO, 2017).

Actualmente el sector de producción de cerámicas, también se encuentra en crecimiento (World Ceramic Tiles Forum, 2017). A finales del 2017 se llevó a cabo la 24.^a World Ceramic Tiles Forum (foro mundial de baldosas cerámicas, WTCF por sus siglas en inglés), que se realiza todos los años, y se estima que la producción de baldosas cerámicas ha incrementado en un 1% en el 2016 comparado con el 2015 y en un 85% en los últimos 10 años (World Ceramic Tiles Forum, 2017). En el Perú, en marzo del 2018, incrementaron en un 23,8% las exportaciones de placas y baldosas cerámicas, además, aumentaron en un 11,1% las compras de baldosas cerámicas con un coeficiente de absorción de agua menor e igual a 0,5%. (INEI, 2018).

Para mantener un adecuado costo de producción, no solo en el sector de producción de cerámicas sino en cualquier empresa de manufactura, se debe contar con un control y con una adecuada planificación de producción porque esta ayuda a satisfacer la demanda de los clientes a un mínimo costo (Hadidi, Turki, & Rahim, 2012). Además, poseer materiales agotados o inaccesibles durante el proceso de fabricación también incrementa los costos de producción y afecta los niveles de inventario (Hadidi et al., 2012).

Una empresa que no implementa un plan y control de producción en su sistema de manufactura no utilizará apropiadamente su inventario y los demás recursos que posea (Biswas & Chakraborty, 2016). Un punto de inicio para el planeamiento y control de producción es realizar el programa maestro de producción, en el cual se establece la cantidad que se fabricará para cada producto con base en un plan y con un programa de ventas que establece la cantidad de cada producto a ser vendido (Bonney, 2000). Asegurar que estos productos sean fabricados con el objetivo de alcanzar el programa maestro, es el objetivo principal del plan de producción y control (Bonney, 2000).

En una empresa cuando se debe determinar el planeamiento y control de producción es necesario conocer el ambiente de fabricación (Arredondo Ortega, Ocampo Jaramillo, Orejuela Cabrera, & Rojas Trejos, 2017). Los ambientes de fabricación están separados por el punto de penetración de la orden, el cual indica el punto en el que un producto es asignado a una orden de venta (Tamlander, 2016). Estos puntos pueden ser cuando el producto ya está terminado o cuando se debe empezar la fabricación de un producto debido a una orden de manufactura. Para estos casos de acuerdo a las características de los dos ambientes se requiere adaptar el proceso de planeación para que reciba un tratamiento diferente (Arredondo Ortega et al., 2017). Los ambientes pueden ser fabricación contra inventario o fabricación contra orden. La fabricación contra inventario implica que los productos se procesen antes de que llegue la orden del cliente, estos productos se almacenan y cuando son pedidos se retiran del almacén (Rafiei & Rabbani, 2012). En cambio, la fabricación contra orden empieza cuando se recibe la orden del cliente (Rafiei & Rabbani, 2012). La fabricación contra orden se caracteriza porque los clientes solicitan productos especializados (Stevenson, Hendry, & Kingsman, 2003). Esto ha generado un incremento en el número de compañías que realizan este tipo fabricación, además de una competencia más grande entre estas compañías (Stevenson et al., 2003). Un ejemplo de fabricación contra orden, en el sector de producción de cerámicos y baldosas, es cuando los

clientes solicitan baldosas de distintos tamaños. Para lo cual se deben realizar cortes normales o rectificadas dependiendo de la característica solicitada.

Este proyecto de fin de carrera se centrará en un ambiente de fabricación contra orden, por ello se resalta la importancia de un planeamiento y control de producción, pues es importante en un ambiente de fabricación contra orden, el uso eficiente y efectivo de la capacidad disponible para satisfacer los pedidos de los clientes, puesto que la capacidad en desuso representa una pérdida de ingresos (Chen, Mestry, Damodaran, & Wang, 2009). De esta manera al lograr de manera eficiente un planeamiento y control de producción también se puede lograr que el flujo de las órdenes, para la variedad de demandas de los clientes, no sea interrumpido (Biswas & Chakraborty, 2016).

Como se mencionó previamente en el sector de cerámicos los clientes solicitan productos a medida, los cuales requieren cortes de esta medida en las baldosas cerámicas, para esto se debe considerar también minimizar el desperdicio de material al realizar este proceso. A este problema se le conoce como problema de corte de material (Cutting Stock Problem). Para poder hacer uso de cualquier material que se encuentran en unidades enteras de un tamaño estándar, será necesario dividirlo en partes que tengan las dimensiones deseadas (Sanchez, 2015). Al realizar este proceso puede quedar desperdicio del material, por lo cual es necesario reducirlo pues afecta el costo de producción del material (Alem & Ghodsi, 2011). En los casos que se cuenten con desperdicios sólidos las empresas optan por reciclarlos; sin embargo, este procedimiento puede ser costoso y complicado, puesto que requiere de un proceso industrializado para que estos desperdicios se conviertan en productos útiles (GALARZA MEZA Marco Paulo, 2014). Como se puede ver el desperdicio de material generado al realizar las divisiones en los materiales es un problema importante en la fabricación de estos productos debido al costo de producción adicional que genera y a la dificultad para reciclar los desperdicios, para ello necesita un adecuado control.

Llevar un control de mermas y desperdicios reducen los costos de producción por unidad de producto en las empresas. Además, aumenta la eficiencia de producción debido a que los recursos son mejor aprovechados (González Morales, 2011). Para mejorar la productividad de las empresas se deben establecer las mermas que se generan en los procesos productivos, evaluando el impacto económico que representan estas mermas para la empresa (Padilla Carrasco, 2014).

Con un adecuado control de mermas y un adecuado planeamiento de producción para la fabricación contra orden se podría controlar las órdenes solicitadas por los clientes. De esta manera se debe asegurar el cumplimiento de las órdenes de los clientes y la disponibilidad de stock para la cantidad de solicitudes que se planeó que se puede realizar. No disponer de stock tiene un impacto negativo en las ventas de la empresa y en la confianza de la marca. Esto genera que algunos clientes adquieran productos de las empresas competidoras. Además, se incrementa el costo general entre la empresa y compradores minoristas (Ehrenthal, Gruen, & Hofstetter, 2014).

El propósito de este proyecto de fin de carrera es desarrollar un sistema que apoye la planificación y el control de la producción de las cerámicas por corte y rectificado. El cual considerará los conceptos de planeamiento y control de producción, minimizar el desperdicio del material al realizar los cortes en las baldosas cerámicas y un adecuado control de mermas durante el proceso productivo, con el objetivo de llevar un control del costo de producción de cerámicas por corte y rectificado que puedan garantizar el cumplimiento de las órdenes de los clientes y evitar el incremento de los costos de estos productos.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Desarrollar un sistema de información para la planificación y control de producción de cerámicas por corte y rectificado.

1.2.2. Objetivos Específicos

- O 1. Adaptar un algoritmo genético para minimizar los desperdicios obtenidos de los cortes realizados en las cerámicas.
- O 2. Desarrollar una aplicación para el planeamiento de producción de cerámicas por corte y rectificado.
- O 3. Desarrollar una aplicación de digitación y control de producción para el sistema.

1.2.3. Resultados Esperados

Resultados esperados del objetivo específico 1 (O1):

- R 1. Función objetivo necesaria para ser utilizada por el algoritmo genético.
- R 2. Estructura de datos para el algoritmo genético.
- R 3. Adaptación del algoritmo genético para minimizar el desperdicio de material.

Resultados esperados del objetivo específico 2 (O2):

R 5. Documento del modelo del proceso de producción de cerámicas por corte y rectificado.

R 6. Documento de análisis para la aplicación de planeamiento de producción de cerámicas por corte y rectificado.

R 7. Documento de diseño para la aplicación de planeamiento de producción de cerámicas por corte y rectificado.

R 8. Aplicación para el planeamiento de producción de cerámicas por corte y rectificado implementada.

Resultados esperados del objetivo específico 3 (O3):

R 9. Documento de análisis para la aplicación de digitación y control de producción.

R 10. Documento de diseño para la aplicación de digitación y control de producción.

R 11. Aplicación de digitación y control de producción implementado.

1.2.4. Mapeo de objetivos, resultados y medios de verificación

Tabla 1. Objetivo, resultados, herramientas y medios de verificación.

Objetivo 1: Implementar un algoritmo genético que minimice los desperdicios obtenidos de los cortes realizados en las cerámicas.			
Resultado	Meta física	Herramientas	Medio de verificación
Función objetivo necesaria para ser utilizada por el algoritmo genético.	Documento	-	<ul style="list-style-type: none"> Juicio experto (Encuesta de validación)
Estructura de datos que soporte la implementación del algoritmo genético.	Software	<ul style="list-style-type: none"> IntelliJ Spring 	<ul style="list-style-type: none"> Pruebas unitarias para la estructura de datos
Adaptación del algoritmo genético para minimizar el desperdicio de material.	Software	<ul style="list-style-type: none"> IntelliJ Spring PostgreSQL 	<ul style="list-style-type: none"> Pruebas unitarias de la implementación del algoritmo adaptado
Objetivo 2: Desarrollar una aplicación para el planeamiento de producción de cerámicas por corte y rectificado			
Resultado	Meta física	Herramientas	Medio de verificación
Documento del modelo del proceso de producción de	Documento	Bizagi Modeler Process	<ul style="list-style-type: none"> Juicio experto (Encuesta de validación)

cerámicas por corte y rectificado.			
Documento de análisis para la aplicación de planeamiento de producción de cerámicas por corte y rectificado.	Documento	StarUML	<ul style="list-style-type: none"> Juicio experto (Encuesta de validación)
Documento de diseño para la aplicación de planeamiento de producción de cerámicas por corte y rectificado.	Documento	StarUML	<ul style="list-style-type: none"> Juicio experto (Encuesta de validación)
Aplicación para el planeamiento de producción de cerámicas por corte y rectificado implementada.	Software	<ul style="list-style-type: none"> IntelliJ Spring PostgreSQL 	<ul style="list-style-type: none"> Pruebas unitarias para el funcionamiento de la aplicación de planeamiento evaluando los casos de uso de cada parte de esta aplicación
Objetivo 3: Desarrollar una aplicación de digitación y control de producción para el sistema			
Resultado	Meta física		Medio de verificación
Documento de análisis para la aplicación de digitación y control de producción	Documento	StarUML	<ul style="list-style-type: none"> Juicio experto (Encuesta de validación)
Documento de diseño para la aplicación de digitación y control de producción.	Documento	StarUML	<ul style="list-style-type: none"> Juicio experto (Encuesta de validación)
Aplicación de digitación y control de producción implementada.	Software	<ul style="list-style-type: none"> IntelliJ Spring PostgreSQL 	<ul style="list-style-type: none"> Pruebas unitarias para el funcionamiento de la aplicación de digitación y control evaluando los casos de uso de cada parte de esta aplicación

1.3. Herramientas y Métodos

Tabla 2. Herramientas y métodos.

Resultado Esperado	Herramientas y metodologías
Función objetivo necesaria para ser utilizada por el algoritmo genético.	<ul style="list-style-type: none"> • Kanban • Encuesta estructurada
Estructura de datos que soporte la implementación del algoritmo genético.	<ul style="list-style-type: none"> • IntelliJ • Spring • Kanban
Adaptación del algoritmo genético para minimizar el desperdicio de material.	<ul style="list-style-type: none"> • IntelliJ • Spring • PostgreSQL • Extreme Programming • Kanban
Documento del modelo del proceso de producción de cerámicas por corte y rectificado.	<ul style="list-style-type: none"> • Bizagi Modeler Process • Encuesta estructurada
Documento de análisis para la aplicación de planeamiento de producción de cerámicas por corte y rectificado.	<ul style="list-style-type: none"> • StarUML • Encuesta estructurada
Documento de diseño para la aplicación de planeamiento de producción de cerámicas por corte y rectificado.	<ul style="list-style-type: none"> • StarUML • Encuesta estructurada
Aplicación para el planeamiento de producción de cerámicas por corte y rectificado implementada.	<ul style="list-style-type: none"> • IntelliJ • Spring • PostgreSQL • Extreme Programming • Kanban
Documento de análisis para la aplicación de digitación y control de producción	<ul style="list-style-type: none"> • StarUML • Encuesta estructurada
Documento de diseño para la aplicación de digitación y control de producción.	<ul style="list-style-type: none"> • StarUML • Encuesta estructurada

<p>Aplicación de digitación y control de producción implementada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • IntelliJ • Spring • PostgreSQL • Extreme Programming • Kanban
---	---

1.3.1. Herramientas

- **Bizagi Process Modeler**

Es una herramienta que permite modelar y documentar procesos de negocios basado en el modelo y notación de procesos de negocio (BPMN) (Bizagi, n.d.). Se escogió esta herramienta realizar el modelo del proceso de producción de los cerámicos por corte y rectificado porque se tiene conocimiento previo utilizándola y es un software gratuito.

- **StarUML**

Es un software libre de modelamiento compatible con el estándar UML 2.x que permite realizar distintos gráficos como diagrama de clases, diagrama de despliegue, entre otros (StarUML, n.d.). Se utilizará esta herramienta para realizar los diagramas de los documentos de análisis y diseño. Al igual que con la herramienta de Bizagi se posee conocimiento previo utilizándola.

- **Spring**

Es un framework para el desarrollo de aplicaciones basadas en java (Spring, n.d.). Debido a las características del framework, la programación de las aplicaciones es más modular y se genera menos dependencia entre módulos. Además, debido a que trabaja con inyección de dependencias facilita las pruebas para la aplicación. Se usará el framework Spring para el desarrollo de las aplicaciones y la implementación del algoritmo. Además,

se lo escogió debido a las ventajas mencionadas previamente y porque se cuenta con conocimiento previo utilizando este framework.

- **IntelliJ**

Es un entorno de desarrollo (IDE) para Java pero compatible con distintos lenguajes de programación como JavaScript, HTML, entre otros. Se escogió este IDE porque es compatible con Spring y posee muchas facilidades cuando se realiza el desarrollo de aplicaciones, como las recomendaciones para autocompletar el código y la asistencia para frameworks específicos. Se usará este IDE para el desarrollo de las aplicaciones de planificación, digitación y control de producción y para la implementación del algoritmo.

- **PostgreSQL**

Es un sistema de base de datos relacional de código abierto que utiliza y extiende el lenguaje SQL combinado con varias características que guardan y escalan de una manera segura la carga de datos más complicadas (PostgreSQL, n.d.). Debido a su integridad de datos, confiabilidad y al conocimiento previo para trabajar con PostgreSQL en conjunto con el framework Spring, se escogió esta herramienta para el desarrollo de las aplicaciones de planificación, digitación y control de producción y para la implementación del algoritmo.

- **Encuesta estructurada**

Una encuesta es considerada como una técnica de recolección de datos a través de preguntas que se realizan a personas con la finalidad de obtener medidas que se derivan de un problema de investigación (López-Roldán & Fachelli, 2015). Además, una encuesta puede ser estructurada cuando cuenta con varias preguntas formales y en caso

sean varias personas se les pregunta por igual a todos (Hernández, Cantín, López, & Rodríguez, 2012). Se escogió esta encuesta para la validación del juicio experto en los resultados de los documentos y del algoritmo genético.

1.3.2. Metodologías

- **Extreme Programming**

Es una metodología ágil para los diferentes tamaños de las compañías. Esta metodología mejora los proyectos de software en distintas maneras como comunicación, simplicidad, retroalimentación, respeto y coraje (Extreme Programming, 2013). Los aspectos que se usarán de esta metodología para el desarrollo de las aplicaciones e implementación del algoritmo son el uso del principio de simplicidad, que indica realizar la manera más simple porque es más fácil de mantener en cuanto al desarrollo de aplicaciones. En caso se deba remplazar alguna parte tomará menos tiempo (Extreme Programming, 2013). Además, se incluirá la refactorización del código, según Extreme Programming se debe refactorizar cuando tenemos código que no es mantenible pero que aún funciona en la aplicación. De esta manera se debe actualizar este código o en otros casos eliminar redundancia o eliminar funcionalidades que no se utilicen. También se incluirá las iteraciones de Extreme Programming, porque permite una mayor flexibilidad en el desarrollo del proyecto frente a modificaciones que se presenten. Finalmente, también se tomará en cuenta mantener el sistema despejado de contenido extra que se asume se va a necesitar en un futuro. De esta forma se evita emplear tiempo en tareas que probablemente no se usarán, además, desarrollar contenido extra agrega mayor complejidad al diseño (Extreme Programming, 2013).

1.3.3. Métodos

- **Kanban**

Es un método para definir, gestionar y mejorar servicios, como servicios profesionales, productos de software, entre otros. Se basa en hacer visible el trabajo intangible para asegurar que se desarrolle la cantidad adecuada de trabajo, además se centra en que un compromiso controlado y un balanceado flujo de trabajo guía a una mayor agilidad (Anderson & Carmichael, 2016). Se ha decidido usar este método para poder visualizar el trabajo en progreso y realizar la cantidad de trabajo requerido y necesario para el desarrollo de las aplicaciones, la definición de la función objetivo del algoritmo, la estructura de datos que soportará este algoritmo, la adaptación y la implementación del algoritmo, con el fin de poder llevar un mayor control de este proyecto de fin de carrera. Además, se incluirá la práctica de Kanban de hacer las políticas de proceso explícitas, que permitirá configurar el desarrollo de las aplicaciones de acuerdo al desempeño o a las condiciones actuales de estas.

1.4. Alcances, Limitaciones y Riesgos

1.4.1. Alcance y limitaciones

Este proyecto de fin de carrera propone desarrollar un sistema que ayude a las empresas de producción de cerámicas por corte y rectificado a tener una mejor planificación y control de producción. Esto incluirá importar los pedidos de los clientes para convertirlos en órdenes de producción de corte para las cerámicas en la aplicación.

Con los datos de las órdenes el sistema permitirá obtener y visualizar estrategias para realizar los cortes en los cerámicos de tal manera que se minimice el desperdicio, esto será realizado usando un algoritmo genético. Además, con la información mencionada previamente y con las órdenes de manufactura se permitirá realizar la planificación de la producción de las cerámicas mediante una interfaz gráfica. Esta planificación permitirá conocer la cantidad y el tiempo en que se deben fabricar las cerámicas por corte y rectificado para cumplir con las órdenes de los clientes. Sin embargo, no se permitirá asignar recursos como máquinas o realizar un seguimiento a las labores del personal del proceso de producción.

El sistema permitirá administrar el plan maestro de producción de las cerámicas por corte y rectificado, así como las listas de materiales, además la aplicación dispondrá de la información sobre las cantidades de materiales disponibles.

El sistema también podrá generar un cronograma de producción con base en la planificación realizada. Además, permitirá brindar estimaciones de las cantidades necesarias de materiales para cumplir las órdenes de los clientes y estimaciones de las cantidades que se obtendrán al culminar el proceso de fabricación. También, mediante una interfaz gráfica se permitirá el ingreso de información sobre las cantidades fabricadas durante el proceso de manufactura. Con esta información el sistema actualiza la estrategia de planificación al modificar los estimados de producción. Además, se podrá ingresar la información sobre las roturas de los productos en el proceso de fabricación.

Adicionalmente, se mostrarán reportes del plan de producción y reportes de control de la producción, indicando los valores reales y estimados de fabricación en los procesos de manufactura de cerámicos por corte y rectificado, así como el operador de línea, la cantidad de productos rotos y la eficiencia de la producción.

Previamente al desarrollo de las aplicaciones se realizará el documento del modelo del proceso de producción, el cual incluirá el diagrama de proceso de negocio y para los documentos de análisis y diseño se realizará el catálogo de requisitos, casos de uso, diagrama de clases, estándares de interfaz gráfica y el documento de arquitectura. Además, cabe resaltar que las funcionalidades de este proyecto están enfocadas únicamente a la producción de cerámicos por corte y rectificado.

Como limitaciones externas a este proyecto se cuenta el tiempo de duración de curso, el cual ha sido considerado para determinar las funcionalidades del alcance del proyecto. Además, como se ha detallado previamente para muchos resultados específicos se tendrá comunicación con usuarios expertos por lo cual se estará limitado a la disponibilidad de estos usuarios.

1.4.2. Riesgos

Tabla 3. Riesgos del proyecto.

Riesgo	Impacto	Probabilidad	Severidad	Plan de Mitigación	Plan de Contingencia
Incorrecta estimación de los entregables para el proyecto	Medio	Alta	Alta	Realizar la estimación del tiempo para los entregables considerando un tiempo extra.	Reorganizar el cronograma de entregas con las tareas pendientes.
Incorrecta identificación del proceso de producción.	Alto	Media	Alta	Contar con la aprobación de los usuarios expertos.	Realizar los cambios desde las funcionalidades de mayor prioridad hacia las funcionalidades

					de prioridad más baja.
Incorrecto planteamiento de la función objetivo para el algoritmo	Alto	Media	Alta	Revisar las distintas posibilidades del problema antes de formular la función objetivo.	Reorganizar las funcionalidades pendientes dependiendo del tiempo que demore corregir el planteamiento de la función objetivo.

1.5. Viabilidad

1.5.1. Viabilidad Técnica

Como se mencionó previamente cuando se detalló las herramientas, se tiene conocimientos previos utilizando el framework Spring, el entorno de desarrollo de IntelliJ y usando el sistema de base de datos PostgreSQL por lo que se considera que la curva de aprendizaje no significará un contratiempo para este proyecto de fin de carrera. Además, las herramientas para el desarrollo de las aplicaciones cuentan con una compatibilidad entre ellas y la amplia comunidad del framework Spring brinda un mayor respaldo en caso se tenga algún contratiempo con algún aspecto del desarrollo de las aplicaciones.

1.5.2. Viabilidad Temporal

Como se detalla en el cronograma del proyecto (ver anexo 1) el desarrollo de este proyecto de fin de carrera, de acuerdo alcance definido, puede cumplirse en el tiempo definido para el curso

de proyecto de tesis 2. Este cronograma cuenta con las tareas definidas para el proyecto, así como las fechas de inicio, fin y duración para cada tarea.

1.5.3. Viabilidad Económica

Para el desarrollo del proyecto las herramientas que se usarán son gratuitas por lo que no es un impedimento económico para este proyecto de fin de carrera.



2. Marco Conceptual

El objetivo de este capítulo es explicar los conceptos relacionados a la problemática de este proyecto de fin de carrera.

2.1. Productos Cerámicos

Según la comisión europea se denominan a los materiales inorgánicos, en su mayoría, porque hay posibilidad de que el contenido tenga algún material orgánico. Estos están hechos de compuestos no metálicos y mediante un proceso de cocción quedan fabricados permanentemente (European Commission, 2007). Entre ellos podemos encontrar a las baldosas cerámicas.

2.1.1. Baldosas Cerámicas

Según ISO 13006, son delgadas losas hechas de materiales inorgánicos puros como la arcilla y son usados mayormente para cubrir pisos y paredes. En un proceso de manufactura de baldosas cerámicas se tienen etapas como preparación de la composición, formación de la baldosa, acristalamiento y cocción (Standard, 1998).

2.1.1.1. Baldosas Rectificadas

Con el fin de lograr una mayor precisión, las baldosas cerámicas rectificadas poseen todos sus bordes acabados mecánicamente. Esto se logra realizando cortes en las baldosas después del proceso de cocción. Al hacer esto se puede lograr un corte preciso con un ángulo de noventa grados y con un borde liviano. Las baldosas cerámicas rectificadas con dimensiones

controladas permiten que los empalmes entre cerámicos sean más consistentes y estéticamente más agradables (Building and Construction Authority, 2010).

2.2. Corte

Durante el proceso de manufactura de cerámicos, se puede realizar divisiones a los diferentes productos obtenidos. Durante este proceso los cerámicos pueden obtener una variación de tamaño entre 1% dependiendo del proceso de fabricación, el cual puede ser reducido considerablemente usando cerámicos rectificadas (Building and Construction Authority, 2010).

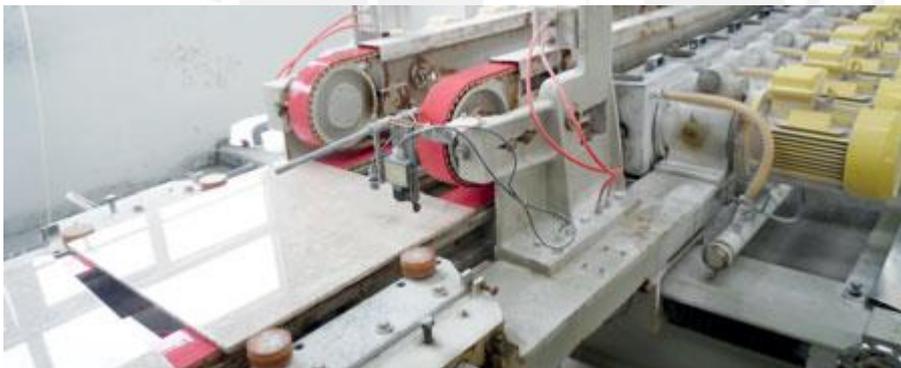


Figura 1. Cerámico cortado por un mecanismo automático. Imagen recuperada de Building and Construction Authority (2010)

2.3. Problema de corte (Cutting Stock Problem)

Para poder satisfacer la demanda de los clientes se establece un plan adecuado para cortar los productos de un tamaño estándar (Williamson, 2008) . De esta forma los productos son cortados en menores partes de tal manera que el desperdicio de material sea minimizado

(MirHassani & Jalaeian Bashirzadeh, 2015). El problema de corte de material existe en diferentes industrias como textiles, construcción de estructuras, entre otras (Alem & Ghodsi, 2011). Según Dyckhoff, una de las características más importantes de un problema de corte de material es la dimensionalidad, la cual es el mínimo número de dimensiones de números reales requerida para describir la geometría de los patrones del problema. La dimensionalidad según los tipos establecidos puede ser de una, dos, tres o múltiples dimensiones. Otra característica importante es la forma de la figura para los objetos largos y productos pequeños. Los productos pequeños son los que son requeridos para la orden del cliente, mientras que los objetos largos son de dónde se obtendrán estos. La forma de una figura está solamente determinada por su forma, tamaño y orientación. Según su forma pueden ser regulares o irregulares. Son regulares si pueden ser descritas por pocos parámetros como formas rectangulares, mientras que las irregulares se caracterizan por tener formas no convexas o sin simetría. Cuando se refiere al tamaño de una figura este puede ser medido por su longitud, área o volumen. Sobre la orientación de una figura puede ocurrir que la orientación sea fija, que solo se pueda girar 90 grados o que cualquier orientación sea permitida. Otras características importantes son la medición de la cantidad, la variabilidad y la disponibilidad. La medición de la cantidad puede ser discreta o continua y la variabilidad está determinada de acuerdo al número y a las formas de figuras permitidas, por último, la disponibilidad se refiere a la fecha para la que un objeto puede o ha sido cortado, también a la secuencia de orden de los productos y a sus límites tanto mínimo como máximo de los productos (Dyckhoff, 1990).

2.4. Rotura

En este contexto significa rajadura sobre un producto. Según un análisis a una empresa de manufactura de sanitarios y accesorios, esto puede deberse a los mismos métodos establecidos en la empresa, a sus actividades del proceso. Así como, descuido del personal debido a una mala capacitación. Otra causa es el uso de material diferente al requerido para que el proceso de manufactura se realice debidamente, lo que ocasiona rotura (Porrás, 2016).

2.5. Planeamiento y control de producción

Es una actividad previa a la producción de los productos, en la cual se determinan previamente los requerimientos para la manufactura de estos, como los procesos de producción, materiales para el proceso, entre otros. Uno de los objetivos del planeamiento y control de la producción es alcanzar una alta eficiencia en la manufactura de los productos a través de actividades de un sistemático plan de producción. Así mismo para planeamiento y control de los materiales y para optimizar la planificación de los recursos (Biswas & Chakraborty, 2016).

2.6. Programa maestro de producción (MPS)

Es el plan para la manufactura de los productos ordenados por el cliente. El cual incluye decisiones de acciones para la producción sujeto a restricciones de capacidad. El programa maestro de producción es el enlace entre lo que se estimó producir, debido al plan de producción, y a lo que realmente se va a realizar. Además, es importante porque proporciona recursos para coordinar la demanda de los clientes y la capacidad de la fábrica. Para esto se calcula los recursos disponibles y necesitados (Ptak & Chad, 2011).

2.7. Ambiente de fabricación

El ambiente de fabricación o producción influencia en el alcance, complejidad y en las implicaciones de la planeación y control de la producción (Arredondo Ortega et al., 2017). Los distintos ambientes de fabricación están separados por el punto de penetración de la orden (Order Penetration Point, OPP por sus siglas en inglés) (Tamlander, 2016). Este es el punto en la cadena de valor de manufactura para un producto donde el producto es vinculado a una específica orden de un cliente (Olhager, 2003).

2.7.1. Fabricación contra inventario

En un ambiente de fabricación contra inventario o contra stock las órdenes de venta se dan sobre el inventario de productos terminados y este inventario es abastecido de acuerdo a predicciones o cuando alguna orden de reabastecimiento es requerida. La fabricación contra inventario generalmente se realiza cuando la demanda es alta y predecible o cuando el tiempo del rendimiento de la producción excede considerablemente al tiempo de fabricación. En este tipo de ambiente de fabricación si la predicción no es precisa se pueden quedar productos sin vender (Tamlander, 2016).

2.7.2. Fabricación contra orden

En un ambiente de fabricación contra orden, el proceso de manufactura empieza cuando se realizan las órdenes de los clientes y generalmente ocurren cuando las cantidades de producción son bajas, cuando la variabilidad de productos es alta o cuando estos no pueden ser modularizados (Tamlander, 2016). En este ambiente de fabricación debido a la variedad y

cantidad de decisiones que se necesitan elegir, la planeación y control de la producción se vuelve más complicado (Arredondo Ortega et al., 2017).

2.8. Merma

Son pérdidas del material en el proceso productivo que forman parte del costo de producción (González Morales, 2011). En el proceso logístico de las empresas, la merma genera pérdida en los inventarios, debido a la diferencia entre la cantidad en físico y a la cantidad en el sistema (Rojas, 2015).

2.9. Algoritmo genético

Los algoritmos genéticos son algoritmos de búsqueda que están basados en procesos de selección natural y genética. Para esto combinan la supervivencia del más fuerte a través de cadenas de estructuras, las cuales intercambian información aleatoriamente (Goldberg, 1989). Estos intercambios dan origen a nuevos individuos, los cuales son creados en cada generación utilizando partes de los individuos más aptos o de toda una población incluyendo los más antiguos (Goldberg, 1989). Los algoritmos genéticos no consisten en simples procesos aleatorios, sino que eficientemente aprovechan la información histórica para que en nuevas búsquedas se obtenga una mejor eficiencia (Goldberg, 1989).

Los algoritmos genéticos computacionalmente son simples; sin embargo, poseen una gran potencia en la búsqueda de la mejora. Además, no se ven limitados por suposiciones de continuidad o derivados sobre el espacio de búsqueda (Goldberg, 1989).

3. Estado Del Arte

Para la revisión del estado del arte se ha realizado el método tradicional y como criterios de selección en esta revisión se ha escogido sistemas de gestión de manufactura que contengan funcionalidades que se adapten a los problemas de un inadecuado planeamiento de producción y a un incorrecto control de mermas durante el proceso productivo. Además, se han seleccionado trabajos con alternativas de solución para el problema de corte de material con el objetivo de minimizar el desperdicio debido a los cortes realizados en las cerámicas. Esta sección busca revisar alternativas de solución actuales para los problemas descritos en la planificación y control de producción de cerámicos por corte y rectificado.

3.1. Soluciones para el problema de corte

En primer lugar, se revisarán los trabajos relacionados al problema de corte de material.

3.1.1. Metaheurística GRASP para un problema de corte de material irregular de dos dimensiones (A GRASP meta-heuristic for two dimensional irregular cutting stock problem)

Según este trabajo realizado, no se puede resolver muchos problemas con algoritmos clásicos, incluyendo el problema de corte de material. Para esto las metaheurísticas de optimización son usadas para solucionar varios de estos problemas. Lo importante, según se menciona, es usar mecanismos que permitan determinar los puntos óptimos locales. Un algoritmo que satisface esta condición es greedy randomize adaptative search procedure (GRASP). En este algoritmo

cada iteración se divide en dos fases. Donde el objetivo en estas es encontrar la mejor solución actual. Para el desarrollo del algoritmo se considera que hay una distinta demanda de las piezas y cada una de estas piezas está representada por puntos, donde la cantidad de estos está determinada por la multiplicación de columnas y filas asociadas al material. Además, en este trabajo se realiza una modificación al algoritmo GRASP, la cual se denominó Reactive GRASP (RGRASP). Esta modificación realiza una variación en los parámetros del algoritmo anterior, como probabilidades o rango de valores. RGRASP mostró una mejor capacidad y efectividad en los resultados para el problema de corte de material, alcanzando un valor cercano al óptimo en nueve de dieciséis instancias y en el resto una diferencia de 2.4% en promedio (MirHassani & Jalaiean Bashirzadeh, 2015).

3.1.2. Implementación del algoritmo metaheurístico Cuckoo Search para la optimización de cortes en dos dimensiones de productos cerámicos con defectos para la producción de piezas decorativas

En este trabajo se implementa el algoritmo genético y el algoritmo Cuckoo Search para resolver el problema de corte de material en piezas cerámicas recicladas o con fallas. Para la solución del problema, el autor plantea una estructura que utiliza dos operadores que representan una integración horizontal o vertical de las piezas; es decir, cómo se juntan las piezas en el área que disponen y de igual manera el orden en que se realizan los cortes. Ambos algoritmos utilizan una función objetivo que retorna el porcentaje de área con defecto (Monzón Durand, 2017).

Para el diseño del algoritmo genético el autor construye una población de manera aleatoria, además, se realiza el método de la ruleta para la selección y el método de Crossover para el cruzamiento de individuos. En el caso del algoritmo de Cuckoo Search, según el autor se basa

en las siguientes tres reglas: cada cuckoo, llamado así por el ave, pone un único huevo y lo deja aleatoriamente en un nido, luego los mejores nidos con la calidad del huevo más alta pasarán a la siguiente generación, finalmente la cantidad de nidos para cada generación ya está establecida y los huevos serán descubiertos y descartados con una probabilidad definida. Donde el nido cuenta con una lista de cadenas que representan la solución (Monzón Durand, 2017).

Para ambos algoritmos en las soluciones se indica si el número de pieza y si por ejemplo esta pieza debería rotar de algún modo o también indicando el operador de integración horizontal o vertical. En los resultados obtenidos, para el conjunto de datos probados, se concluyó que el algoritmo genético tiene un mejor desempeño que el algoritmo Cuckoo Search (Monzón Durand, 2017).

3.2. Soluciones de sistemas de manufactura

Continuando con la revisión de las distintas alternativas de solución para los problemas de inadecuado planeamiento de producción y un incorrecto control de mermas, se han seleccionado distintos sistemas de gestión de manufactura con base en las funcionalidades que se brindan para estos problemas.

3.2.1. MRPeasy

MRPeasy es un software de gestión de manufactura basado en la nube. Opera con empresas de fabricación de metales, textiles, automotriz, entre otras. Es un software apto para trabajar con ambientes de fabricación contra orden y contra inventario. Posee funcionalidades para

planeamiento y control de producción, gestión de inventario, gestión de relación con clientes, además, una revisión de todo el proceso. Por el lado de planeamiento y control de producción MRPeasy permite organizar las órdenes de manufactura, además permite crear, editar, actualizar las órdenes de manufactura y ver el progreso por orden de estado. Otras funcionalidades que MRPEasy permite son planear la capacidad y los materiales, asignar recursos como partes o equipamiento, monitorear el uso de partes y la realización de las operaciones de trabajo, ver el calendario de producción y diagrama de Gantt, gestionar la lista de materiales y las rutas de entrega, además, permite importar y exportar lista de materiales a través de formatos CSV, mostrar reportes de las listas de materiales, gestionar y mostrar reportes de las estaciones de trabajo, mostrar estadísticas de manufactura con periodos configurables y guardarlos en formato PDF o CSV. MRPeasy posee, además, soporte para tablets o smartphones (MRPeasy, n.d.).

MRPEasy Version beta 1.0.16
14.04.2014 15:54

Back Home Quick help Sign out

Production order #PR-00006

Finish production PDF

Code *: PR-00006
Product *: #A-00004 table
Quantity *: 100 pcs
Status *: In progress
Start: 14.04.2014 15:54
Finish: 05.05.2014 11:30
Bill of materials: #BO-00001 BoM (table)
Components:

Stock item	Consumed	Booked	Lot	Storage location	Available from
#A-00002 table top	10 pcs	90 pcs			
	10 pcs	90 pcs	L-00001	No location	11.04.2014
#A-00003 table leg	40 pcs	360 pcs			
	40 pcs	360 pcs	L-00002	No location	11.04.2014

Work centers: #R-00002 Routing (table)

Work center	Operation	Worker	Planned start	Planned finish	Actual start	Actual finish
#WCT-00001:1.Woodworks (1)	Assembling	User	23.04.2014 08:00	25.04.2014 15:30	14.04.2014 15:54	
#WCT-00001:1.Woodworks (1)	Painting	User	25.04.2014 15:30	05.05.2014 11:30	14.04.2014 15:54	

Figura 2. Vista de una orden de producción en la versión web del sistema. Fuente:

<https://www.capterra.com/p/134177/MRPEasy/>

3.2.2. PLEX

PLEX al igual que MRPeasy es un sistema basado en la nube que ayuda a gestionar las operaciones de manufactura. Este sistema puede trabajar con ambientes de fabricación contra orden, inventario, asimismo, dispone de funcionalidades para un ambiente de fabricación mixto. Además, PLEX dispone de funciones destinadas a ayudar el planeamiento en las empresas como manejar un programa de costos, recursos y tiempos, gestionar cambios durante el ciclo de vida de un producto, administrar la lista de materiales, manejar responsabilidades, tareas, metas y monitorear el desempeño del personal. Para el control de producción PLEX cuenta con funcionalidades como recolección en tiempo de real de la información de la planta, automatización de la gestión de inventario, administración de calidad desde el proceso de manufactura con funciones de control de la calidad, incluyendo estadísticas del proceso de control. Adicionalmente, el software cuenta con un panel de Kanban digital con el sistema de retroalimentación visual definido por colores que alerta cuando las cantidades se están agotando a los responsables. Además, permite la utilización de la técnica Heijunka, para nivelar la carga y moderar el flujo de producción, asimismo, eliminar el exceso y el desperdicio de material. Además, para gestionar la producción PLEX permite monitoreo a través de un dispositivo móvil. (PLEX, n.d.).

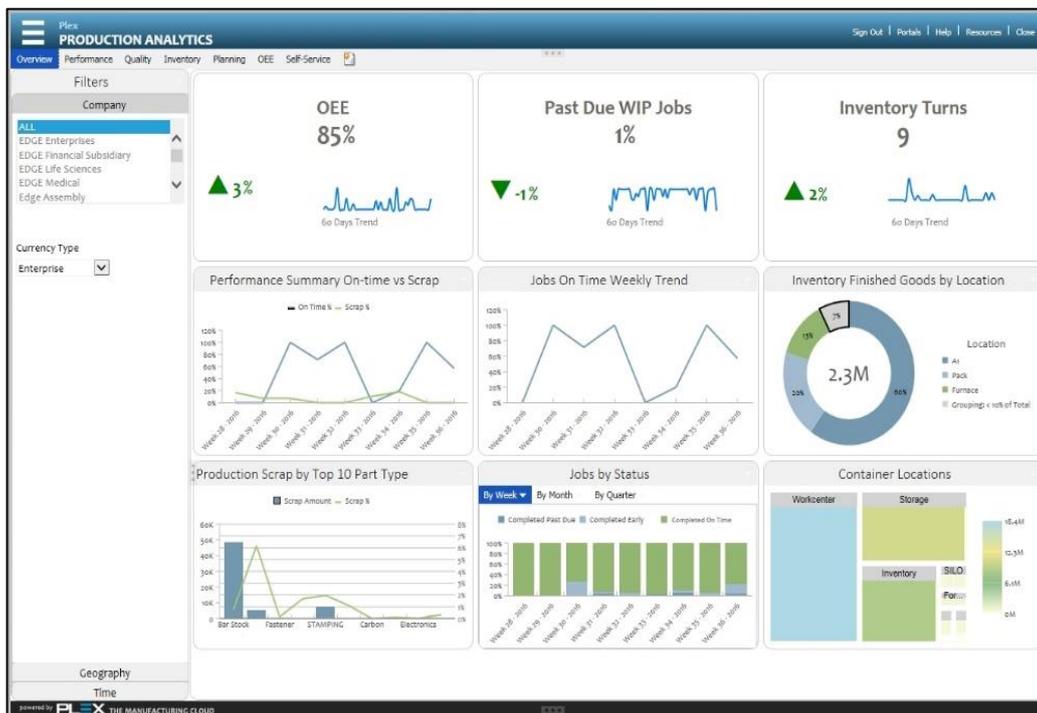


Figura 3. Creación de tableros de control personalizados de acuerdo al rol. Fuente: <https://www.businesswire.com/news/home/20170314005309/en/Plex-Systems-Delivers-Cloud-IIoT-Analytics-Manufacturing>

3.2.3. SAP PP

Es el módulo de ERP de SAP para planeamiento y control de la producción. Presenta distintos componentes como funcionalidades para ayudar cuando no es posible programar la producción con las fechas definidas o cuando la capacidad es baja durante la producción de una orden, entre otras. SAP PP permite configurar los tipos de materiales, que son la identificación para diferenciar a los materiales en los distintos procesos del negocio. También permite la creación y manejo de lista de materiales, esta es una lista con los componentes que ayuda a conocer la cantidad que se necesita de estos para fabricar un producto. Se dispone tanto de una lista de

producción como de una para ventas, esta última es posible incluirla en el proceso de ventas. En SAP PP se maneja una versión de productos que determina la lista de materiales que se debe usar para las distintas alternativas con las que se cuente, esta versión del producto en conjunto con la lista de materiales se asigna a una fórmula para la planificación (master recipe), esto puede ser usado para calcular las cantidades de los materiales. Además, se puede crear y manejar estaciones de trabajo, estas pueden ser máquinas o personas que añadan valor al proceso de fabricación. De manera que se puede realizar una planificación sobre estos; por ejemplo, se puede definir las actividades que son más importantes para un proceso. Otra funcionalidad importante que se maneja es el plan de desperdicios que se puede incluir en el administrador de materiales o en la lista de materiales, al encontrarse en estas secciones el sistema automáticamente incrementa las cantidades de los componentes durante el planeamiento de la orden o durante el proceso de creación de orden. Este plan de desperdicios de materiales puede ser incluido en el plan de producción de costos. Adicionalmente se cuenta con una funcionalidad para crear un plan de producción enfocada en grupos de productos, para poder realizar esto se necesita contar con una información histórica; de otra manera, no se podrá realizar un plan efectivamente y confiable (Akhtar, 2013). SAP PP dispone de muchas funcionalidades que ayudan al control de desperdicio de material y a la planificación y control de producción, los cuales son tema de interés de este proyecto de fin de carrera.

Material Quantity Calculation

Select formula Insert in formula Calculate Product Qty

Formula Definition

001,001 1990:Quantity

L	Object	T...	Item	Formula Ind...	1:Quantity	U...	2:Phase scrap	U...	3:Interim result
1	1990	MT	0000		100.000	KG		KG	
2	..CH-1410	MT	0010		50.000	KG		KG	24.000
3	..CH-1420	MT	0020		30.000	KG		KG	
4	..CH-1430	MT	0030		19.000	KG		KG	
5	..CH-1440	MT	0040		1.000	KG		KG	
6		OP	0005		100.000	KG		KG	
7	..	OP	0010		100.000	KG		KG	

Figura 4. Cálculo de las cantidades de materiales en la fórmula de planificación. Imagen recuperada de Jawad Akhtar (2013)

3.2.4. EciM1

Es un sistema ERP para manufactura el cual está orientado para las industrias de fabricación de dispositivos médicos, muebles, ventanas, madera, caucho, plástico, entre otras. EciM1 cuenta con distintos módulos como ventas, calidad, inventario, producción, entre otros. Se evaluarán el módulo de producción y de calidad, los cuales son de interés para este proyecto de fin de carrera. Este módulo de producción del sistema posee funcionalidades para los diferentes puestos como controlar la producción, al especificar detalles como el material requerido o las operaciones necesarias y poder monitorear el progreso del proceso de manufactura hasta su finalización, además, se puede hacer seguimiento a las labores de los empleados y su nómina a través de una aplicación móvil. Otra funcionalidad disponible en el sistema es poder asignar peso a los trabajos y poder realizar estimaciones o comparaciones. Además, el sistema propone recomendaciones, con base en el inventario y las órdenes de

compra, para realizar trabajos que satisfagan los niveles bajos o altos de stock. Respecto a calidad el sistema cuenta con funcionalidades como administración de inspecciones para trabajo en progreso, productos entrantes, entre otros. Además, cuenta con una funcionalidad de gestión, control y análisis de productos reelaborados, no conformes o de desperdicios.

Lead Job	Assembly	Opr	Order ID	PO	Order By	Due Date	PO Date	Planned Receipt	Planned Req	Projected Balance
BT3/SX1+1/4"										
EA Lot Size 0.00 Min 100.00 Max 500.00 On-hand 30.00										
Bolt 3/8" x 1 1/4"										
0	11049-01-01	0	0	10045		5/12/2016	30/11/2016	180.00	0.00	210.00
0	11054-01-01	0	0	10053		8/12/2016	7/12/2016	18.00	0.00	228.00
0	11053-01-01	0	0	10050		8/12/2016	7/12/2016	18.00	0.00	246.00
0	11061-01-01	0	0	10059		27/02/2017	15/02/2017	18.00	0.00	264.00
0				10056		27/02/2017	15/02/2017	180.00	0.00	444.00
0						2/02/2018		0.00	0.00	444.00
NB01000										
EA Lot Size 0.00 Min 0.00 Max 0.00 On-hand 0.00										
BOLT 1/4"UNC x 5/8"LG ZP HEX										
0				11057		20/12/2016		0.00	10.00	-10.00
NB01001										
EA Lot Size 0.00 Min 0.00 Max 0.00 On-hand 0.00										
SETSCREW 1/4"UNC X 1/2" LONG										
0				11057		20/12/2016		0.00	15.00	-15.00
NB01002										
EA Lot Size 0.00 Min 0.00 Max 0.00 On-hand 0.00										
BOLT 1/4"UNCK1" H/T GDF 8 Z/P										

Figura 5. Vista de requerimiento de materiales para el sistema. Fuente:

<https://www.softwareadvice.com/manufacturing/eci-m1-profile/>

3.3. Conclusiones

Los sistemas revisados no disponen de una resolución en conjunto de los problemas planteados en este proyecto, pero si cuentan con funcionalidades que ayudan a la resolución de los problemas por separado, como el planeamiento y control de la producción. Es por ello que para este proyecto de fin de carrera se plantea que las aplicaciones empleen las funcionalidades más adecuadas para la manufactura de cerámicos por corte y rectificado y los problemas

identificados en esta. Además, los distintos sistemas de gestión revisados no disponen del uso de una metaheurística para minimizar el desperdicio de material, es por ello que para este proyecto de fin de carrera se plantea también la utilización de un algoritmo genético para las aplicaciones de planificación y control de producción.



4. Modelo de procesos de negocio

En este capítulo se detalle los procesos implicados en la producción de los cerámicos por corte y rectificado, correspondiente al resultado cinco (R5). Este es necesario para los siguientes capítulos, especialmente para identificar los requisitos para las aplicaciones.

4.1. Proceso de toma de pedidos

Este proceso se inicia cuando el cliente realiza un pedido. El área de ventas se encarga de validar la solicitud antes de aceptarla, donde se verifica que sea posible realizarla en el periodo solicitado. Una vez aprobada la solicitud, se almacena y se genera un pedido. A continuación, se muestra el modelado del proceso.

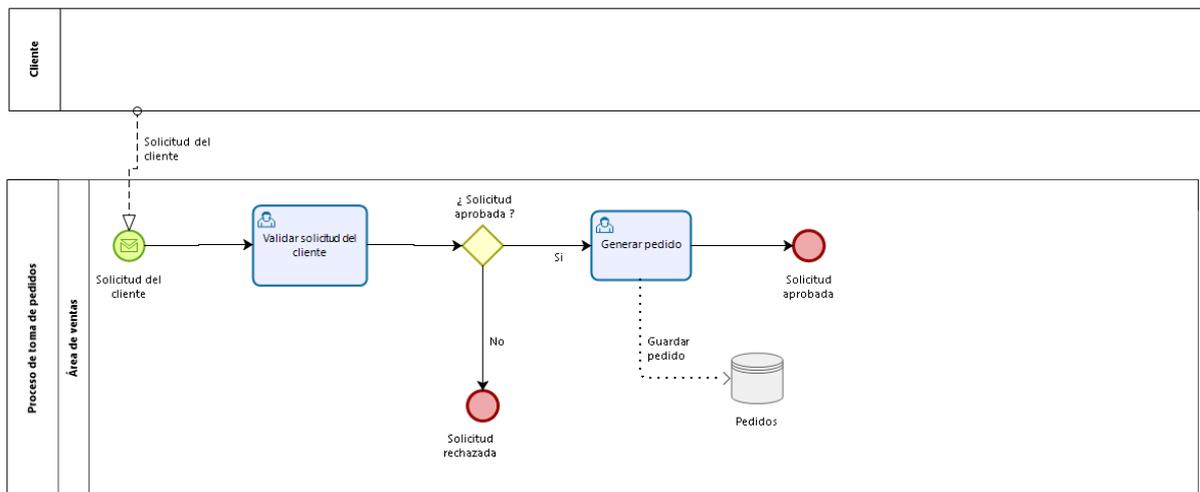


Figura 6. Proceso de toma de pedidos. Fuente: Elaboración propia.

4.2. Proceso de planificación

Este proceso se desarrolla en el área de producción. Para realizar la planificación primero se obtienen el pedido del cliente y luego se genera la orden de producción, la cual sirve dentro del área para la manufactura de las cerámicas. Finalmente se realiza la planificación para la orden de producción en un periodo definido y se almacena en el sistema. El proceso de generar las órdenes de producción también puede realizarse para varios pedidos, pues generalmente se llega un archivo con varios pedidos de los clientes; sin embargo, la planificación si es realizada por cada orden de producción. Una orden de producción está asociada a un material y si varios clientes solicitan este mismo material en distintas cantidades, estos son agrupados en una sola orden de producción. Las órdenes de producción pueden contar con los estados de registrado, fabricado parcial, fabricado total y no atendida. Una orden cuenta con el estado registrado cuando recién ingresa al sistema y no atendido cuando se decide que la orden no se puede cumplir. El estado de fabricado parcial se utiliza cuando ya se empezó el proceso de fabricación, pero aún no se ha completado con la cantidad pedida. De esta manera el estado de fabricación total indica que se fabricó toda la cantidad de la orden.

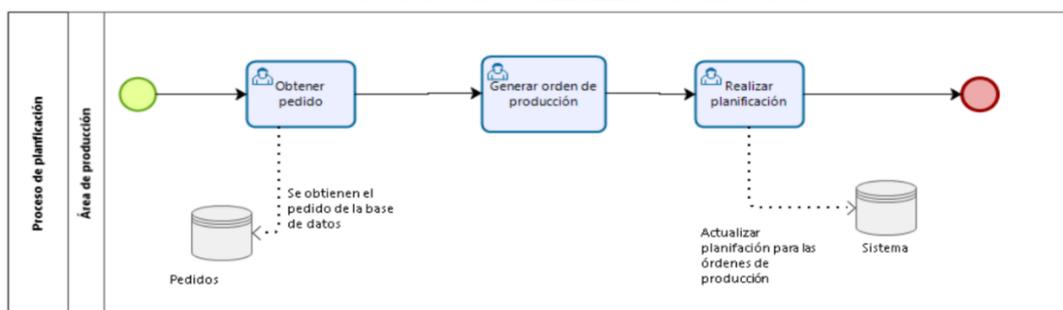


Figura 7. Proceso de planificación. Fuente: Elaboración propia.

4.3. Proceso de manufactura de cerámicos por corte y rectificado

El proceso de manufactura empieza cuando los operarios escogen y revisan la orden de producción a realizar. Luego se debe realizar la preparación de los cerámicos. Donde primero se verifica si se cuenta con stock suficiente, de ser así se realizan los cortes en los cerámicos, luego los cerámicos pasan por una fase de pulido, limpieza, secado y clasificación, en esta última fase se verifica que el cerámico se encuentre en buen estado, de no ser así el producto es descartado y declarado como un producto roto. Una vez completada estas fases se realiza el armado de cajas con los cerámicos y la colocación en paneles de esto, para finalmente empaquetarlos. Luego que se termina la preparación de los cerámicos, se registra la información del proceso, como la cantidad de cerámicos rotos, si es que hubiera alguno, y la cantidad fabricada. Finalmente se comunica con el área de despacho para notificar sobre los pedidos listos. A continuación, se presenta el modelado del proceso.

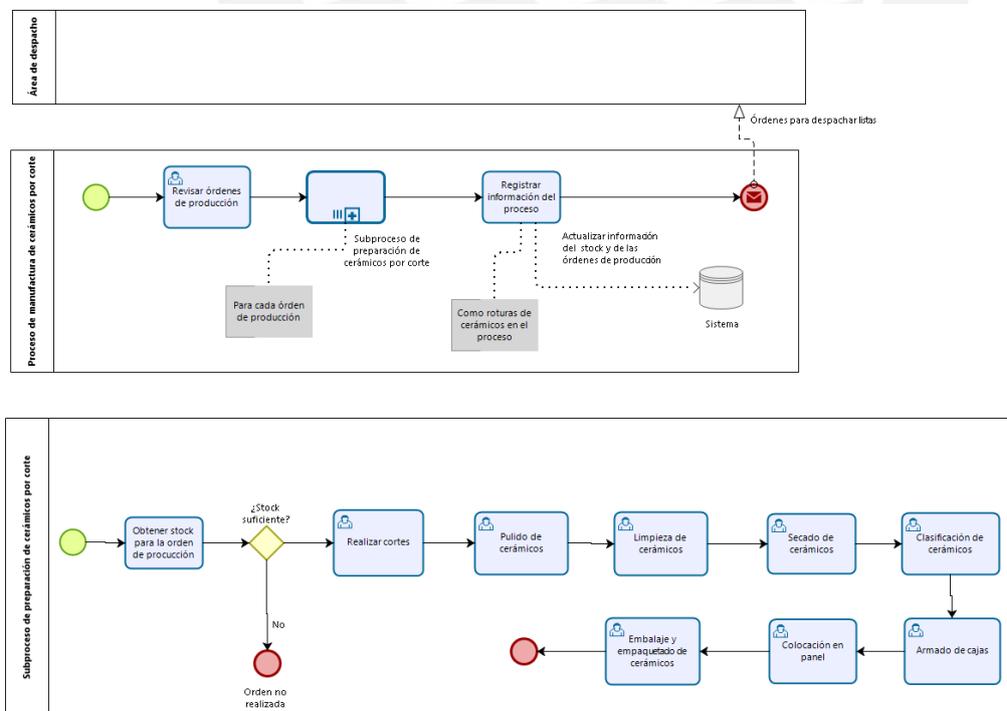


Figura 8. Proceso de manufactura de cerámicos por corte y rectificado.

De esta manera se ha presentado el modelado de procesos del área de producción de cerámicos por corte y rectificado, porque como se mencionó previamente, la identificación y el detalle de los procesos sirven de apoyo especialmente para la identificación de requisitos y para desarrollar las funcionalidades de acuerdo al negocio.



5. Documento de análisis

En este capítulo se desarrolla el sexto y noveno resultado (R6 y R9), documento de análisis para las aplicaciones de planificación, digitación y control. Este documento cuenta con el catálogo de requisitos y casos de uso.

5.1. Catálogo de requisitos

En esta sección se detallan los requisitos para el sistema. Estos requisitos fueron definidos mediante entrevistas con el usuario experto tanto para los requisitos funcionales como para los requisitos no funcionales. Estas funcionalidades cubren lo definido en el alcance y han sido establecidas considerando el proceso de producción explicado en el capítulo anterior.

5.1.1. Requisitos funcionales

En esta sección se muestran los requisitos funcionales del sistema. La prioridad para las siguientes funcionalidades fue definida según el alcance descrito en el capítulo 1.

Tabla 4. Requisitos funcionales del sistema.

N°	Requisitos Funcionales	Prioridad
1	El sistema permitirá administrar la lista de materiales.	Alta
2	El sistema permitirá importar los pedidos de los clientes.	Alta
3	El sistema permitirá visualizar alternativas de solución para los cortes de los cerámicos según los pedidos de los clientes.	Alta

4	El sistema permitirá exportar las alternativas de solución para los cortes de los cerámicos en formato csv (materiales y dimensiones).	Media
5	El sistema permitirá generar un cronograma para la planificación de la producción (cantidad y tiempo en que se deben fabricar las cerámicas).	Alta
6	El sistema permitirá conocer las cantidades disponibles de materias primas.	Alta
7	El sistema permitirá administrar las líneas de producción.	Media
8	El sistema permitirá administrar la información de los cerámicos.	Media
9	El sistema permitirá estimar las cantidades necesarias para cumplir con las órdenes y las cantidades al culminar el proceso de fabricación.	Alta
10	El sistema permitirá ingresar las cantidades fabricadas en el proceso de manufactura.	Alta
11	El sistema permitirá ingresar información sobre las roturas en el proceso de manufactura.	Alta
12	El sistema permitirá generar reportes de plan de producción.	Alta
13	El sistema permitirá generar reportes de control de producción.	Alta
14	El sistema permitirá generar reportes de los cortes para los pedidos.	Media
15	El sistema permitirá administrar usuarios.	Media
16	El sistema permitirá administrar roles de usuarios.	Media

5.1.2. Requisitos no funcionales

Como se mencionó en el primer capítulo las aplicaciones se desarrollarán usando el framework Spring. Además, estas aplicaciones se realizarán siguiendo la arquitectura MVC (Modelo, Vista y Controlador).

Tabla 5. Requisitos no funcionales del sistema.

	Requisitos no funcionales	Prioridad
1	El sistema será desarrollado usando el framework Spring	Alta
2	El sistema será desarrollado siguiendo el patrón de arquitectura Modelo, Vista y Controlador (MVC).	Alta

5.2. Catálogo de actores

En la siguiente imagen se puede ver los actores que interactúan con el sistema.

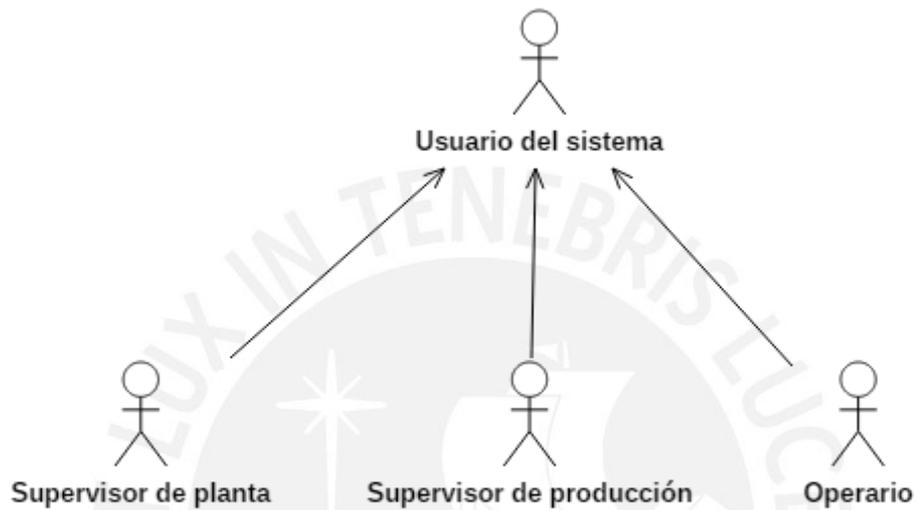


Figura 9. Diagrama de actores. Fuente: Elaboración propia.

5.2.1. Usuario del sistema

Este actor representa cualquier usuario que interactúe con el sistema.

5.2.2. Supervisor de planta

El supervisor de planta es el cargo más alto dentro del área por esa razón cuenta con todos los accesos en el sistema. Es responsable del correcto funcionamiento del área de producción.

5.2.3. Supervisor de producción

El supervisor de producción principalmente se encarga de supervisar a los operarios. Es responsable además de la planificación dentro del área.

5.2.4. Operario

En el sistema los operarios son responsables de ingresar la información al culminar el proceso de manufactura (cantidad fabricada e información sobre productos rotos).

5.3. Casos de uso

5.3.1. Casos de uso de la aplicación de planificación

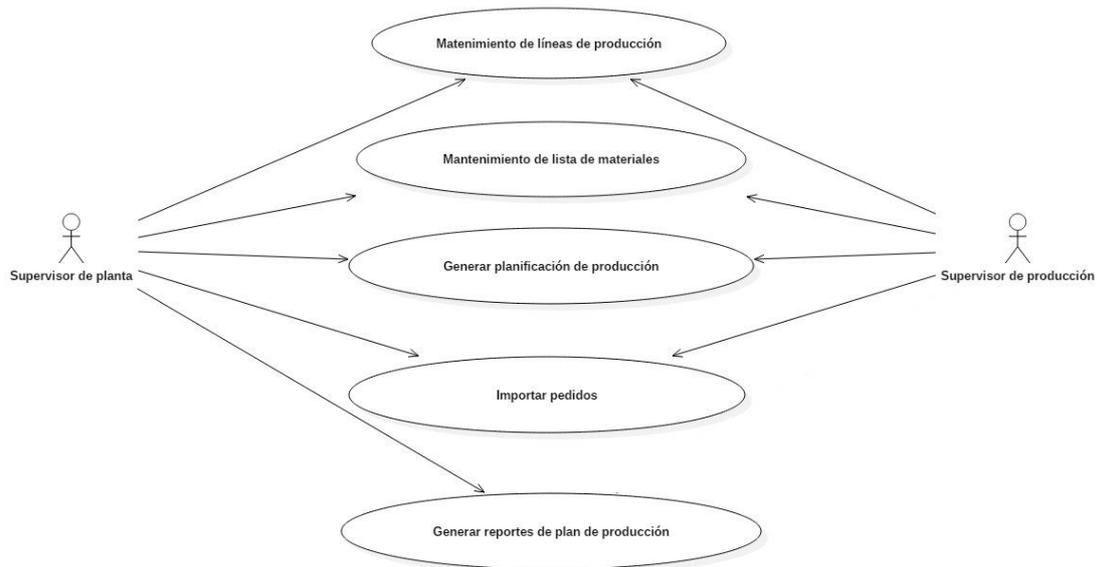


Figura 10. Diagrama de casos de uso de la aplicación de planificación.

- **Mantenimiento de líneas de producción:** Se permite crear, editar y eliminar líneas de producción. En la vista principal se muestra una tabla con todas las líneas de producción registradas, en esta tabla se muestra los datos más importantes como la capacidad, el porcentaje de deficiencia y el estado de la línea de producción. En esta vista principal se encuentran con las opciones de creación y eliminación. Para ver el detalle de un registro o editarlo se debe realizar doble clic en un registro de la tabla.
- **Mantenimiento de lista de materiales:** Se permite crear, editar y eliminar la lista de materiales. Para la edición de una lista de material se accede al detalle realizando doble clic sobre un registro de la tabla que contiene todas las listas de materiales. Para el registro de listas de materiales se ingresan los componentes para cada ítem, incluyendo la cantidad.
- **Generar planificación de producción:** Se escoge una orden de producción de la lista de órdenes y luego se selecciona la opción planificación. Después se debe escoger el periodo de tiempo y la línea de operación para la planificación. Una vez completado los datos para la planificación se muestra un cronograma de producción para el rango definido.
- **Importar pedidos:** Se permite cargar una lista de pedidos a través de un archivo csv. Se selecciona en la vista la opción de examinar. Se escoge el archivo con el formato soportado y se acepta, luego se presiona el botón “Generar órdenes”.
- **Generar reportes de plan de producción:** Se selecciona un periodo de tiempo y una agrupación para el reporte, puede ser por órdenes de producción o por líneas de

producción. Luego se genera un reporte en formato PDF considerando la información de las planificaciones en ese periodo.

5.3.2. Casos de uso aplicación de digitación y control



Figura 11. Diagrama de casos de uso para la aplicación de digitación y control. Fuente: Elaboración propia.

- Registrar información de fabricación: Es una tarea del operario donde se registra la cantidad obtenida del proceso de manufactura; sin embargo, los demás actores cuentan con los permisos para acceder a la funcionalidad. Esta actividad se realiza desde la vista de planificaciones, el operario selecciona una orden planificada y luego presiona el botón de registro diario. A continuación, se le presenta una

ventana para ingresar el día, la cantidad fabricada, cantidad rota y descripción en caso sea necesaria.

- Administrar información de los materiales: Se permite registrar o modificar los datos de los materiales del inventario (nombre, código, cantidad, ancho, alto, tipo, unidad y descripción). También se pueden eliminar materiales del inventario desde la vista principal.
- Generar reportes de control de producción: El supervisor de planta selecciona un periodo de tiempo y genera el reporte, el cual muestra información de las órdenes de producción, incluyendo las cantidades de productos rotos.

5.3.3. Otros casos de uso

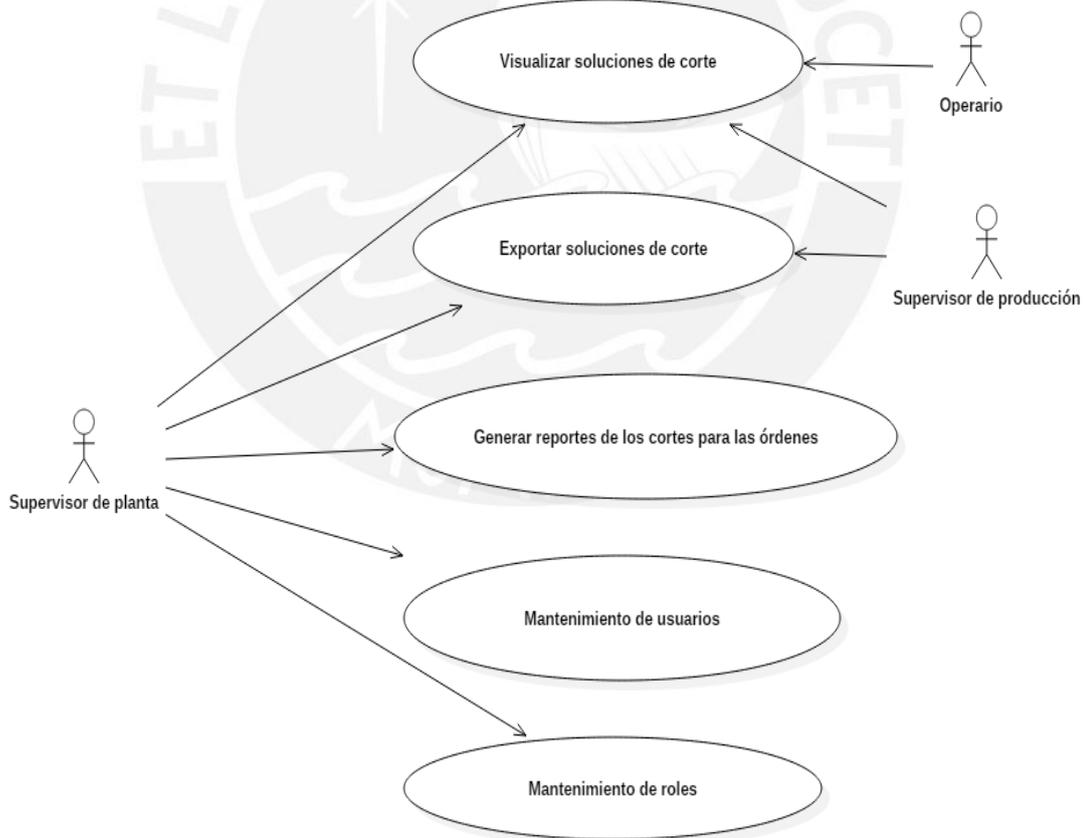


Figura 12. Diagrama de casos de uso adicionales. Fuente: Elaboración propia.

- Visualizar soluciones de corte: El usuario selecciona la orden de producción y genera las alternativas de solución de los cortes desde la vista principal de las soluciones. Estas son generadas con base en la última versión de su lista de material. Una vez generada la solución se muestra las piezas de la orden dispuestas sobre las piezas del stock utilizadas. Esta es una funcionalidad que usará principalmente el operario.
- Exportar soluciones de corte: El usuario puede seleccionar una alternativa de solución de una orden y seleccionar la opción de exportar para generar un archivo en formato CSV. Esta es una funcionalidad que usará principalmente el operario.
- Generar reportes de los cortes para los órdenes: El reporte muestra información sobre las soluciones de corte de las órdenes de producción, indicando las posiciones y las medidas de las piezas pedidas dispuestas sobre las piezas de stock. El supervisor de planta selecciona la opción de reporte de cortes y escoge un periodo de tiempo antes de generarlo.
- Mantenimiento de usuarios: Se permite al supervisor de planta crear, editar y eliminar usuarios para el sistema. La información de los usuarios cuenta con nombre, apellido, sexo, correo, línea de producción y los roles permitidos. De igual manera las opciones de creación y eliminación se pueden realizar desde la vista principal y la opción de edición desde el detalle de un usuario.
- Mantenimiento de roles: Se permite al usuario crear, editar y eliminar roles para el sistema. Esta funcionalidad permite al supervisor de planta controlar los permisos de los trabajadores de manera más flexible en el sistema.

De esta manera en este capítulo se presentó el documento de análisis, el cual contribuye con el catálogo de requisitos de las funcionalidades que se realizarán para el sistema, así como de los casos de uso indicando el detalle de estas funcionalidades y los roles del sistema que pueden realizar dichas acciones.



6. Documento de Diseño

En el siguiente capítulo se presenta el diseño para las aplicaciones de planificación, digitación y control. Este diseño corresponde a los resultados siete y diez, descritos en el primer capítulo (R7 y R10).

6.1. Diagrama de despliegue

El sistema que se plantea es de escritorio debido al negocio de la empresa, el cual no puede detenerse en ningún momento; por lo tanto, lo más recomendable es administrarlo en la red de la empresa. De esta manera se plantea la siguiente interacción entre los componentes del sistema, mediante un diagrama de despliegue. Donde el sistema se encuentra instalado en las computadoras de la empresa y se comunica con el servidor cuando necesite acceder a la base de datos.

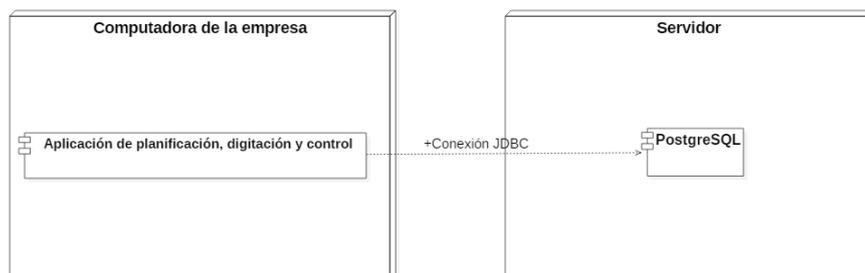


Figura 13. Diagrama de despliegue. Fuente: Elaboración propia

6.2. Patrón de arquitectura modelo, vista y controlador

Para el sistema se emplea el patrón de arquitectura modelo, vista y controlador (MVC). Donde todas las acciones del usuario interactúan con la capa de la vista, algunas de estas acciones son procesadas en la capa del controlador, además, esta capa es la encargada de comunicarse con el modelo. La capa del modelo se encarga de manejar los datos del sistema. Este patrón fue escogido debido al conocimiento previo que se cuenta empleándolo y porque la separación de capas permite desarrollar el sistema de una manera más ordenada y mantenible, permitiendo su escalabilidad.

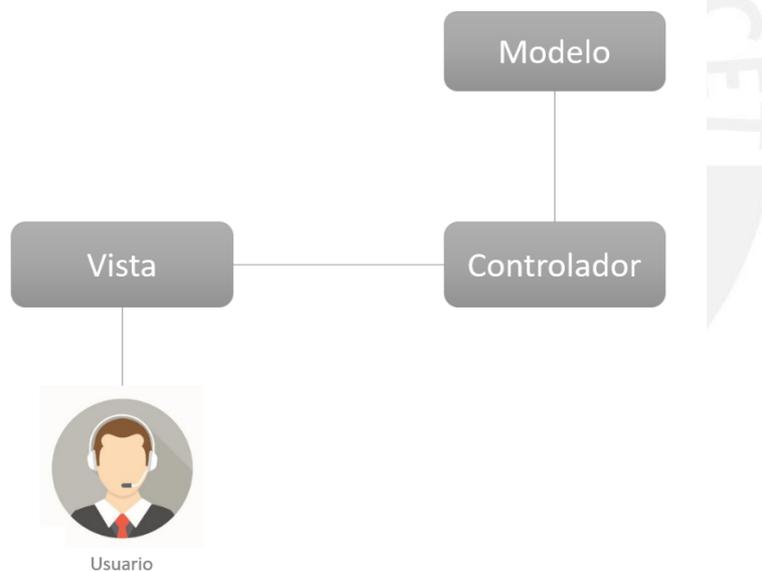


Figura 14. Patrón de arquitectura modelo, vista y controlador. Fuente: Elaboración propia.

6.3. Modelo de la base de datos

En esta sección se muestra el modelo de la base de datos para las aplicaciones usando la notación IDE1FX.

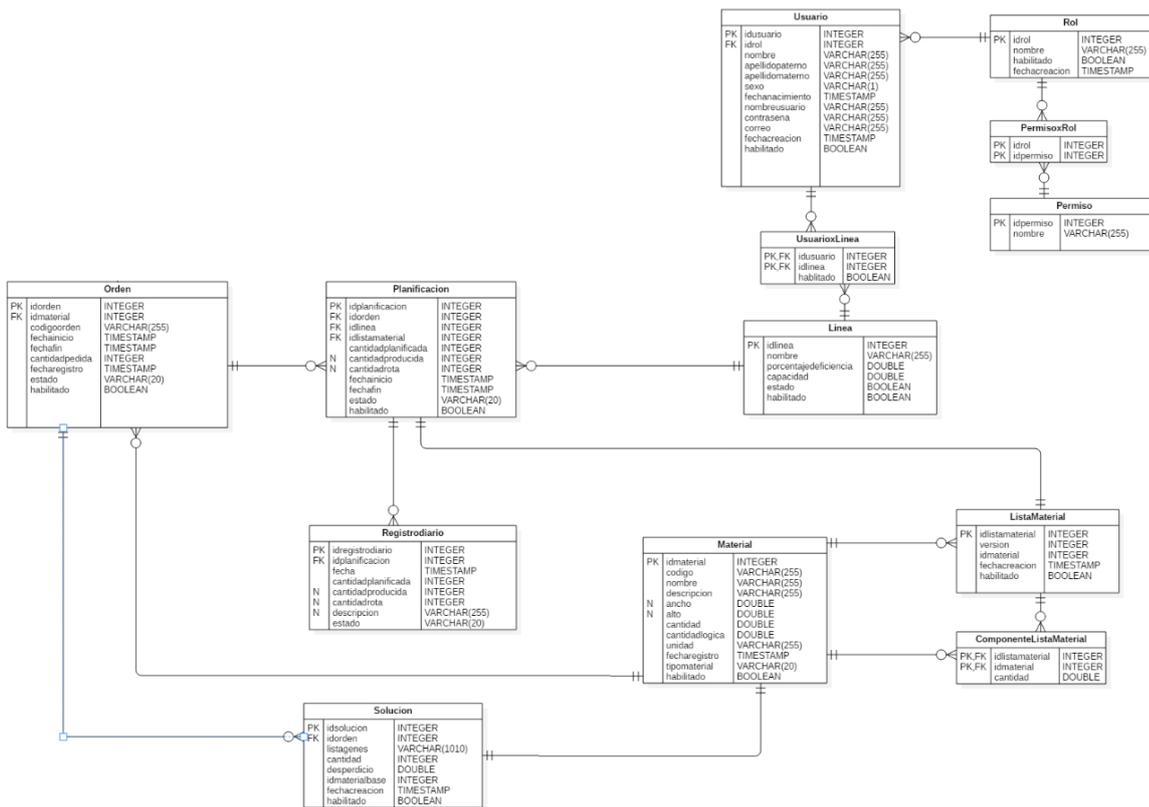


Figura 15. Modelo de base de datos: Fuente: Elaboración propia.

6.4. Estándares de interfaz

En esta sección se explica los estándares de interfaz utilizados para las aplicaciones.

6.4.1. Letra y colores

El tipo de letra que se emplea en la aplicación es Helvética de tamaño 15. Para el color de las letras en las tablas se utiliza el color gris claro (#666666) y un gris un poco más oscuro para

los formularios (#808080) y para el menú y los botones se utiliza color blanco. Este color blanco en todos menos en los botones neutrales, donde se utiliza un gris claro (#a6a6a6).

Los colores que se utilizan en las aplicaciones son variaciones entre azul oscuro ((#525EFC) y celeste ((#02D8E3). Estos principalmente para la barra superior de la aplicación que contiene el menú con las opciones para las funcionalidades. Además, se utiliza blanco (#ffffff) para el fondo de la aplicación. Para el color de la cabecera de las tablas se utiliza un azul claro (#1b80e4) al igual que para los botones primarios, que se presentarán más adelante. Para los botones de eliminación se emplea rojo (#d9534f).

6.4.2. Botones

En las aplicaciones se emplean los siguientes botones:

- Botón normal:

Es un botón de color azul claro (#1b80e4) que indica acciones positivas usado para crear nuevos registros o iniciar un nuevo proceso. A continuación, se muestra un ejemplo del botón para crear una nueva orden y del botón para ver una planificación asociada a una orden.



Figura 16. Ejemplo de botones normales. Fuente: Elaboración propia.

- Botón neutral:

Este botón de color blanco se emplea para cancelar acciones o regresar a una vista anterior. A continuación, se muestra un ejemplo.



Figura 17. Ejemplo de botones neutrales. Fuente: Elaboración propia.

- Botón de eliminación:

Este botón de color rojo (#d9534f) se emplea principalmente para eliminar registros. A continuación, se muestra un ejemplo del botón que elimina un material.

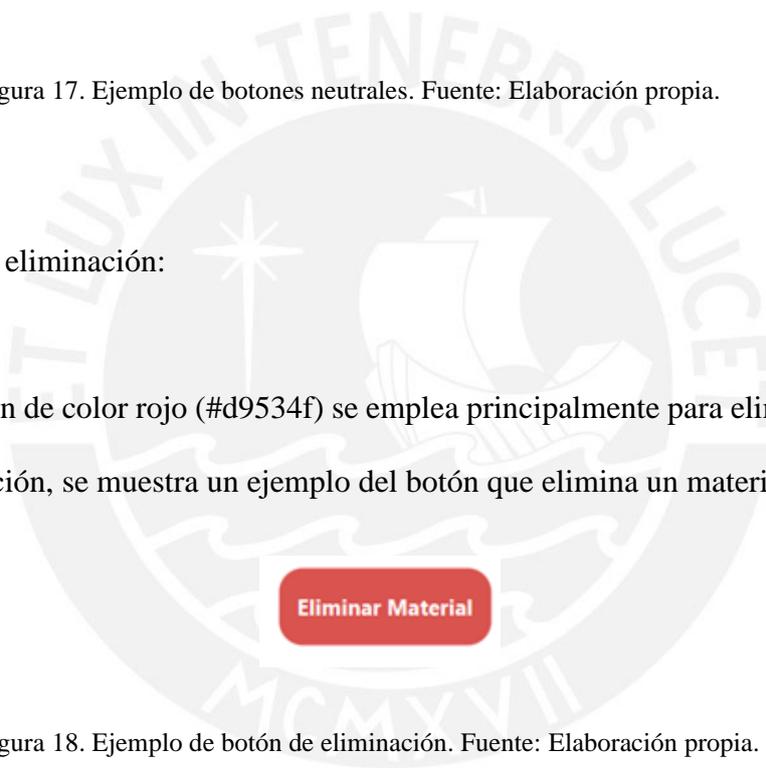


Figura 18. Ejemplo de botón de eliminación. Fuente: Elaboración propia.

De esta manera el documento de diseño presentado muestra el detalle de la interacción entre los componentes del sistema, así como del diseño de la base de datos y la comunicación entre capas que tendrá. Además, como se mostró previamente se establecieron los estándares de interfaz que se usarán en todo el sistema.

7. Adaptación del algoritmo genético

En este capítulo se explica de manera detallada la adaptación para el algoritmo genético que se empleará en la aplicación, para esto se abordarán los tres primeros resultados (R1, R2 y R3). Este planteamiento para el problema de desperdicio de material está basado en la propuesta del tesista Javier Monzón, que se detalló previamente en el capítulo 3, estado del arte. A continuación, se presenta el primer resultado.

7.1. Función objetivo

Como objetivo se busca minimizar el desperdicio generado al realizar los cortes en los materiales, para ello se está utilizando la función objetivo planteada en la propuesta de Javier Monzón, la cual consiste en sumar el área de todas las piezas ocupadas en cada stock y dividirlo entre la suma del área de los stocks, esto brinda la proporción de área usada y a esta se le resta uno debido a que se busca obtener el desperdicio de material (área no usada) para minimizarlo. Además, en el planteamiento se considera como desperdicio de material el área ocupada en una región defectuosa puesto que como parte de su problema se consideran piezas defectuosas. Si bien, en este proyecto de fin de carrera no se emplean piezas defectuosas, la función objetivo se adecua al problema pues sin considerar las regiones defectuosas ambos trabajos consideran como desperdicio de material las regiones de áreas no usadas del stock.

$$\text{Función Objetivo (F.O)} = \text{Mín} \left(1 - \left(\frac{\sum_{i=1}^N \text{área de las piezas en el stock}_i}{\sum_i^N \text{área del stock}_i} \right) \right) \times 100$$

Donde:

- N: Es la cantidad de cerámicas del stock que se emplean para satisfacer el pedido.

7.1.1. Restricciones para la función objetivo

Para las restricciones de la función objetivo se emplearon algunas de las inicialmente planteadas por Javier Monzón, las cuales se describen a continuación.

- **La cantidad del stock debe poder abastecer la cantidad de piezas del pedido.**

La cantidad mínima que se puede emplear del stock es 1, si todo el pedido se satisface con una cerámica del stock y la cantidad máxima es igual al número de piezas que se solicitan para el pedido, de esta forma cada pieza del pedido se cumple con una cerámica del stock

$$1 \leq \text{Cantidad de piezas del pedido} \leq \text{Cantidad de stock disponible}$$

- **Las piezas no se pueden solapar**

No debe existir ningún solapamiento cuando se distribuye las piezas en una cerámica del stock. Cada pieza debe abarcar un área distinta en el stock.

7.2. Estructuras de datos

Como parte del segundo resultado a continuación se detallan las estructuras de datos empleadas para el desarrollo del algoritmo. Además de las definiciones y convenciones necesarios para este.

7.2.1. Operadores de integración

Como parte del planteamiento basado para las estructuras, para indicar los tipos de acoplamiento (vertical y horizontal) se emplea las letras “H”, si el acoplamiento es horizontal y “V”, en caso el acoplamiento de piezas sea vertical.

Acoplamiento Horizontal (H)



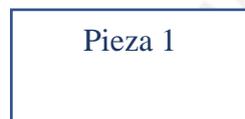
Acoplamiento Vertical (V)



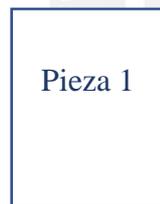
7.2.2. Operador de rotación

El operador de rotación se emplea para representar que una pieza debe ser rotada 90° , según el planteamiento basado. Este operador se representa en la solución con la letra “R”. A continuación, se muestra un ejemplo para una pieza con identificador “1”.

Pieza sin rotación (1)



Pieza con rotación (1R)



7.2.3. Clase rectángulo

Esta clase será empleada para representar a las piezas que solicitan los clientes. Estará conformada por un atributo como identificador único para poder emplearlo en la solución, además de un variable x e y para poder utilizarla como posición de la pieza dentro del stock. Finalmente, un atributo de ancho y alto que representa las dimensiones que tendrá la pieza

solicitada por el cliente. A continuación, se muestra la definición de la clase según el planteamiento basado.

Tabla 6. Definición de la clase rectángulo.

```
class Rectangulo {  
    int id;  
    Double x;  
    Double y;  
    Double ancho;  
    Double alto;  
}
```

7.2.4. Clase stock

Esta clase representa las piezas del stock que se emplean en la solución. Contiene atributos para representar las dimensiones de las piezas, de acuerdo al planteamiento basado. A diferencia del planteamiento, se añadió un atributo para el nodo que contiene las piezas que serán obtenidas de ese stock, además de un atributo para el área de la pieza.

Tabla 7. Definición de la clase stock.

```
class Stock{  
    Double ancho;  
    Double alto;  
    Nodo bloqueUsado;  
    Double area;  
}
```

7.2.5. Clase nodo

Esta clase se utiliza para representar la solución como un árbol, la cual servirá para dividir las ramas de manera que sean cubiertas en una pieza de stock según el área que ocupen. De esta

forma se pueden usar subnodos y distribuirlo de una manera más adecuada. Además, se guarda también una clase rectángulo en caso se contenga una pieza o un operador de integración en caso sea un acoplamiento horizontal o vertical. Adicionalmente del planteamiento basado, se añadieron los atributos para el área, que se usarán para la distribución de las piezas y un identificador único para el nodo.

Tabla 8. Definición de la clase nodo.

```
class Nodo{
    int idNodo;
    Nodo izquierdo;
    Nodo derecho;
    Rectangulo rectangulo;
    String tipoIntegracion;
    Double area;
}
```

7.2.6. Clase cromosoma

Esta clase se emplea para representar los individuos de la población. Esta clase presenta un atributo para almacenar una lista con los genes. Además, el atributo fitness es utilizado para guardar el valor de la función objetivo. También, se cuenta con un atributo para almacenar la representación de los genes como un árbol, todos estos atributos de acuerdo al planteamiento basado.

Tabla 9. Definición de la clase cromosoma.

```
class Cromosoma{
    List<String> listaGenes;
    Double fitness;
    Nodo arbol;
}
```

7.2.7. Lista de genes

Tabla 10. Estructura para la solución.

```
List<String> solución;
```

Esta estructura es empleada para almacenar las alternativas de solución, las cuales están compuestas por varios genes dependiendo de la cantidad de las piezas, además, estarán limitadas por algunas restricciones que se verán más adelante (ver sección 7.3.1). Cada gen de la estructura puede ser un operador de integración (H o V) o una pieza, la cual está representada por su identificador numérico y puede estar asociado a un operador de rotación (ver sección 7.2.2).

A continuación, se presenta un ejemplo de solución para las piezas 7, 8, 9, 11 y 12. En esta solución la pieza 12 está asociada a un operador de rotación. Además, la solución cuenta con cuatro operadores de integración que representarán el acoplamiento entre las piezas (ver sección 7.2.1).

Tabla 11. Ejemplo de solución.

N° Elemento	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Valor	9	8	11	V	H	12R	H	7	V

7.2.8. Árbol binario

De acuerdo al planteamiento basado, el ejemplo de solución mostrado previamente se puede representar como un árbol binario. Esta estructura servirá para poder distribuir las piezas en el stock, asociando un nodo con el stock. Para formar esta estructura se desarrolló, para este proyecto de fin de carrera, el siguiente procedimiento: primero se utiliza una pila donde se va almacenando desde el primer elemento de la solución, en este caso el 9, hasta el último elemento. Como este primer elemento es un id de una pieza, se crea un nodo y se guardan también los valores del área, ancho y alto. Si la pieza está rotada se invierte el ancho por el alto, luego se ingresa a la pila y se continúa con el siguiente elemento y así hasta encontrar un operador de integración. Cuando se encuentra un operador de integración se retiran 2 elementos de la pila y se crea un nodo con este operador de integración, luego el primer elemento retirado es un hijo derecho del nodo y el siguiente, el hijo izquierdo. Antes de almacenar el nuevo nodo, se debe actualizar la altura y el ancho del nodo, puesto que ahora este nodo es padre de dos nodos. Si es un operador de integración horizontal, entonces el ancho del nodo padre será la suma de los anchos de los hijos y su altura será el máximo entre las alturas de los hijos, en caso sea un operador de integración vertical, entonces el alto será la suma de los altos de los dos hijos y el ancho será el máximo entre los anchos de los hijos. Luego se actualiza el área con estos nuevos valores y finalmente se guarda este nuevo nodo en la pila y se continúa hasta revisar todos los elementos de la solución. En la siguiente imagen se muestra el ejemplo de solución de la sección pasada para las piezas 7, 8, 9, 11 y 12 como un árbol binario.

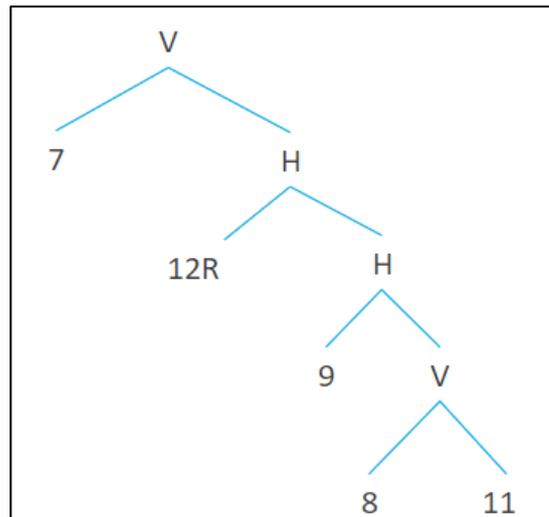


Figura 19. Representación de solución como árbol. Fuente: Elaboración propia

Se usará una parte de esta solución para explicar más a detalle la asociación entre piezas, para ello se toma solo la parte de la solución de las piezas 9,8 y 11.

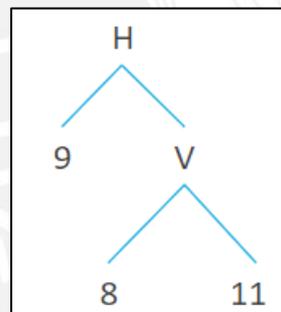


Figura 20. Representación parcial de solución como árbol. Fuente: Elaboración propia

De esta representación se muestra que la pieza 8 y 11 se acoplarán de manera vertical y luego la pieza 9 se integrará de manera horizontal con ambas. Esto se representaría de la siguiente manera.

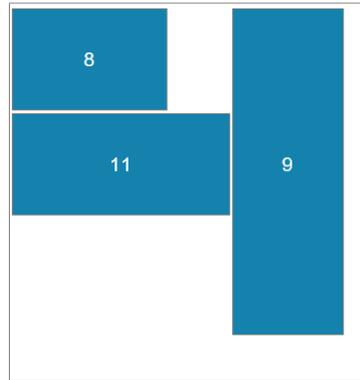


Figura 21. Ejemplo de disposición de piezas. Fuente: Elaboración propia

7.3. Adaptación del algoritmo

En esta sección se explica a detalle el tercer resultado que consiste en la adaptación del algoritmo al planteamiento del problema de corte. Para esto se detalla todas las consideraciones necesarias para el algoritmo.

7.3.1. Restricción en la solución

Para el algoritmo se cuenta con la restricción, por cómo se lo ha planteado, donde una solución debe contar con un número de piezas más que la cantidad de operadores de integración.

$$\text{Número de operadores} = \text{Número de piezas} - 1$$

Además, esta restricción también se debe considerar al tomar una posición cualquiera en la solución. La cantidad de operadores a la izquierda de dicha posición debe ser menor o igual a la cantidad de piezas restado en uno. Esta restricción adicional se muestra a continuación.

$$1 \leq \text{Número de operadores} \leq \text{Número de piezas} - 1$$

7.4. Algoritmo genético

En esta sección se muestra el pseudocódigo general planteado para el algoritmo. Previamente a realizar la función se carga la lista de piezas y el stock para la realización del algoritmo. A continuación, se muestra el pseudocódigo general del algoritmo genético propuesto por Javier Monzón. A este pseudocódigo se ha añadido un cambio en la función de distribución de stock que se mostrará más adelante (presente en la función `calcularFitnessPoblación`) y unas especificaciones en las líneas 2 y 4.c.vi, sobre actualizaciones de parámetros importantes a resaltar.

Tabla 12. Pseudocódigo del algoritmo genético.

<p>Inicio AlgoritmoGenetico(tamañoPoblacion, factorMutacion, elitismo)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. población = construirPoblacionInicial(tamañoPoblacion) 2. calcularFitnessPoblacion(población) 3. nroGeneracion = 0 4. Mientras nroGeneracion < MAXIMAGENERACION Hacer <ol style="list-style-type: none"> a. nuevaGeneracion = seleccionMejoresIndividuos(población, elitismo) b. tamañoNuevaGeneracion = tamaño(nuevaGeneracion) c. Mientras tamañoNuevaGeneracion < tamañoPoblacion Hacer <ol style="list-style-type: none"> i. progenitor1 = selección(población) ii. progenitor2 = selección(población) iii. descendientes = crossover(progenitor1, progenitor2) iv. nuevaGeneracion.agregar(descendientes[0])
--

v. nuevaGeneracion.agregar(descendientes[1])
vi. tamañoNuevaGeneracion = tamaño(nuevaGeneracion)
Fin Mientras
d. población = mutacionPoblacion(nuevaGeneracion,factorMutacion)
e. nroGeneracion = nroGeneracion + 1
Fin Mientras
5. **Retornar** mejorIndividuo(población)
Fin realizarAlgoritmo

A continuación, se explican detalladamente las líneas del pseudocódigo.

1. Se construye la población inicial de manera aleatoria. Ver sección 7.5.
2. Se calcula el valor de la función objetivo para los individuos de la población. Ver sección 7.7.
3. Se inicializa la variable para controlar el número de generación en la iteración.
4. Mientras no se exceda el número máximo establecido de generaciones se realiza la iteración.
 - a. Se selecciona los mejores individuos. Estos son selecciones con base al valor de la variable elitismo. Este representa la cantidad de individuos que se seleccionan.
 - b. Se calcula el tamaño de la nueva generación.
 - c. Se itera mientras el tamaño de la nueva generación no exceda el tamaño de la población.
 - i. Se selecciona un progenitor de la población según el método de la ruleta. Ver sección 7.7.2.
 - ii. Se selecciona otro progenitor de la población.
 - iii. Se realiza el método de cruzamiento entre los 2 progenitores escogido. Ver sección 7.7.3.
 - iv. Se añade el primer descendiente a la nueva generación.
 - v. Se añade el segundo descendiente a la nueva generación.

- vi. Se calcula el nuevo tamaño para la generación.
 - d. El factor de mutación establece a cuantos individuos de la población se le realiza el método de mutación descrito previamente. Ver sección 7.7.4.
 - e. Se aumenta el número de la generación en uno.
5. Se retorna el mejor individuo de la población según el valor de su fitness.

7.5. Construcción de población inicial

En esta sección se explica el pseudocódigo realizado para la construcción de la población inicial.

Tabla 13. Pseudocódigo de construcción de la población inicial.

<p>Inicio construirPoblacionInicial(tamañoPoblacion)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. poblacionInicial = Vacía 2. numeroPiezas = obtenerNumeroPiezas() 3. Para i=0 Hasta i < tamañoPoblacion Hacer <ol style="list-style-type: none"> a. nuevoIndividuo = crearIndividuo(numeroPiezas) b. poblacionInicial.agregar(nuevoIndividuo) Fin Para 4. Retornar poblacionInicial <p>Fin construirPoblacionInicial</p>

A continuación, se explica detalladamente las líneas del pseudocódigo

1. Se inicializa la población inicial como vacía.
2. Se obtiene el número de piezas que se utilizarán para los individuos. Este se obtiene de la lista de piezas que previamente fue ingresada en la clase.
3. Se itera hasta completar la población.
 - a. Se crea el nuevo individuo. Ver sección 7.6.

- b. Se agrega el nuevo individuo a la población
4. Se retorna la población generada.

7.6. Creación de individuos

El siguiente pseudocódigo se realiza para crear cada cromosoma o individuo que será parte de la población. Este pseudocódigo es el propuesto por Javier Monzón, con una ligera modificación en la línea 5.c y omisiones de variables de control que al final fueron reemplazadas solo por el uso de las variables ya existentes como “longitudCromosoma”, “cantidadPiezas” y “cantidadOperadores”.

Tabla 14. Pseudocódigo de creación de individuo.

<p>Inicio crearIndividuo(numeroPiezas)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Cromosoma = nuevoCromosoma() 2. longitudCromosoma = numeroPiezas*2 – 1 3. añadirPiezaAleatoria (cromosoma,listaPiezas) 4. añadirPiezaAleatoria(cromosoma,listaPiezas) 5. Para i=3 Hasta longitudCromosoma Hacer <ol style="list-style-type: none"> a. cantidadPiezas = CantidadPiezas(cromosoma) b. cantidadOperadores = CantidadOperadores(cromosoma) c. Si (cantidadOperadores == cantidadPiezas – 1) entonces <ol style="list-style-type: none"> i. añadirPiezaAleatoriaCromosoma(cromosoma,listaPiezas) d. Sino <ol style="list-style-type: none"> i. Si listaPiezas está vacía entonces <ol style="list-style-type: none"> 1. añadirOperador(cromosoma,listaPiezas) ii. Sino <ol style="list-style-type: none"> 1. seleccion = escogerEntreOperadorPieza() 2. Si seleccion es pieza entonces <ol style="list-style-type: none"> a. añadirPiezaAleatoriaCromosoma(cromosoma,listaPiezas) 3. Sino <ol style="list-style-type: none"> a. añadirOperador(cromosoma,listaPiezas) <p style="padding-left: 40px;">Fin Si</p> <p style="padding-left: 20px;">Fin Si</p> <p style="padding-left: 10px;">Fin Si</p> <p style="padding-left: 10px;">Fin Para</p> 6. Retornar cromosoma <p>Fin crearIndividuo</p>

A continuación, se explica a detalle cada línea:

1. Se crea un nuevo cromosoma
2. La longitud del cromosoma está delimitada por dos veces el número de piezas menos uno.
3. Se añade una pieza aleatoria de la lista de piezas de los pedidos.
4. Se añade una pieza aleatoria de la lista de piezas de los pedidos.
5. Se itera hasta completar la longitud del cromosoma.
 - a. Se obtiene la cantidad de piezas actual del cromosoma.
 - b. Se obtiene la cantidad de operadores actual del cromosoma.
 - c. Se verifica si se llegó al límite de la restricción sobre la cantidad de operadores.
 - i. Se añade una pieza aleatoria de la lista de piezas de los pedidos. Esta pieza puede añadirse a la lista con una probabilidad del 50% que se rote o no.
 - d. Si es que aún se puede agregar más operadores se realiza lo siguiente.
 - i. Se verifica si la lista de piezas está vacía.
 1. 5.d.1.a. Se añade un operador aleatorio entre H y V.
 - ii. Si es que la lista de piezas no está vacía.
 1. Se escoge entre insertar un operador o una pieza.
 2. Si la selección fue una pieza.
 - a. Se añade una pieza aleatoria de la lista de piezas de los pedidos.
Esta pieza puede añadirse a la lista con una probabilidad del 50% que se rote o no.
 3. Si la selección fue un operador.
 - a. Se añade un operador aleatorio entre H y V.
6. Se retorna el individuo creado.

7.7. Calcular función objetivo para la población

En esta sección se explica cómo se calcula el valor de la función objetivo para los individuos de la población. El pseudocódigo para un individuo de la población está basado en la solución propuesta por Javier Monzón, de acuerdo a lo detallado previamente. (Ver sección 7.1)

Tabla 15. Pseudocódigo del cálculo de la función objetivo para la población.

<p>Inicio calcularFitnessPoblacion(poblacion)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Para $i=0$ Hasta $i < \text{tamaño}(\text{población})$ Hacer <ol style="list-style-type: none"> a. $\text{listaStockDistribuido} = \text{distribuirStock}(\text{población}[i], \text{listaStock})$ b. $\text{areaPiezas} = 0$ c. $\text{areaStock} = 0$ d. Para $j=0$ Hasta $j < \text{tamaño}(\text{listaStockDistribuido})$ Hacer <ol style="list-style-type: none"> I. $\text{areaPiezas} = \text{areaPiezas} + \text{areaOcupada}(\text{listaStockDistribuido}[i])$ II. $\text{areaStock} = \text{areaStock} + \text{área}(\text{listaStockDistribuido}[i])$ Fin Para 2. $\text{fitness} = (1 - (\text{areaPiezas} / \text{areaStock})) * 100$ 3. $\text{establecerFitness}(\text{listaStockDistribuido}[i], \text{fitness})$ <p>Fin Para</p> <p>Fin calcularFitnessPoblacion</p>
--

A continuación, se detalla las líneas del pseudocódigo.

1. Se itera para cada elemento de la población.
 - a. Se distribuye el elemento i de la población en el stock y se obtiene una lista del stock con las piezas distribuidas. Ver sección 7.7.1.
 - b. Se inicializa el valor del área de las piezas.
 - c. Se inicializa el valor del área del stock.
 - d. Se itera para cada stock con las piezas distribuidas.

- I. Se acumula el área de las piezas. El área ocupada del elemento de la lista se obtiene accediendo al atributo bloque usado y área de este bloque. Ver sección 7.2.4.
 - II. Se acumula el área del stock. El área del elemento de la lista se obtiene directamente de su atributo área. Ver sección 7.2.4.
- e. Se calcula el valor de la función objetivo.
 - f. Se guarda el valor de la función objetivo en el elemento de la lista.

7.7.1. Distribución del stock

A continuación, se muestra el pseudocódigo de la función para distribuir las piezas en el stock. Este pseudocódigo es principalmente el propuesto por Javier Monzón; sin embargo, se añadió la modificación en la línea 8 para poder obtener un stock nuevo, de acuerdo a las consideraciones del problema específico. Esto es porque la ejecución del algoritmo será para una orden de producción, y dado que este está asociado a un material (ver sección 4.2), se añadió una modificación para mejorar y unificar las soluciones. Esta consiste en evaluar el stock con piezas asociadas (para este punto ya se agruparon que piezas ocupan un stock) y ordenar la lista de stock de acuerdo al stock que genera menos desperdicio. Una vez realizado esto se recorre la lista empezando por el stock que genera menos desperdicio y se calcula cuantas piezas de este stock se podrían usar para cubrir todo el pedido o cuanto es lo máximo que se puede usar para la cantidad pedida; por ejemplo, si la cantidad pedida es impar y el stock está asociado a un número par de piezas, entonces no se podría cubrir todo el pedido, pero si cubrir gran parte de este. De esta manera se itera hasta cubrir todo el pedido y se genera una lista nueva de stock con las piezas de stock que son necesarias para cubrir el pedido y estas se repiten, en la lista nueva de stock, las cantidades de veces que se calculó necesaria.

Tabla 16. Pseudocódigo de distribución del stock.

```

Inicio distribucionStock(cromosoma, listaStock)

1. arbolCromosoma = cromosoma.crearArbol()
2. listaNodos = obtenerListaNodos(arbolCromosoma)
3. ordenarNodosPorArea(listaNodos)
4. ordenarStockPorArea(listaStock)
5. stockNuevo = Vacío
6. nroStock = 0
7. Mientras No(listaNodos.esVacia() ) Hacer:
    a. nodo = listaNodos[0]
    b. stock = listaStock[nroStock]
    c. Si alcanzaPieza(nodo,stock) entonces
        I. establecerBloqueUsado(nodo)
        II. stockNuevo.agregar(stock)
        III. eliminarSubArboles(listaNodos,nodo,cromosoma)
        IV. nroStock = nroStock + 1
    Fin Si
    d. eliminarPrimerElemento(listaNodos)
Fin Mientras
8. stockNuevo = evaluarModificaStockNuevo(stockNuevo)
9. Retornar stockNuevo
Fin distribucionStock

```

A continuación, se muestra detalladamente las líneas del pseudocódigo.

1. Esta línea se añadió al pseudocódigo planteado para resaltar cómo se crea el árbol binario para el cromosoma. Ver sección 7.2.8.
2. Se obtienen los nodos del árbol como lista empezando de la raíz.
3. Se ordena la lista de nodos por el área mayor.
4. Se ordena la lista del stock por el área mayor.
5. Se inicializa una nueva lista de stock.
6. Se inicializa el indicador para el número de stock en 0.
7. Se itera mientras la lista de nodos no esté vacía.
 - a. Se obtiene el primer nodo.
 - b. Se obtiene el stock correspondiente al indicador.

- c. Se verifica si el área del nodo puede ser ocupado por el stock. Para esto se verifica que el área del nodo no sea mayor al del stock y que el ancho y alto del nodo tampoco exceda al del stock. En caso contrario se sigue evaluando para los siguientes nodos con el mismo stock.
 - i. Se establece como bloque usado el nodo en el stock.
 - ii. Se agrega el stock a la lista de stock nueva.
 - iii. Se eliminan los subárboles de ese nodo. De esta forma se evita utilizar estos sub nodos para las siguientes iteraciones.
 - iv. Se aumenta en 1 el número de stock para la siguiente iteración.
- d. Se elimina el primer elemento de la lista porque es el nodo que ya se evaluó.

8. En esta parte

9. Se retorna la lista de stock nueva.

7.7.2. Método de selección

El método de selección propuesto por la solución basada es el método de la ruleta. El cual establece una probabilidad de selección con base en la proporción de la función objetivo que tiene un individuo sobre la función objetivo total de la población.

Tabla 17. Pseudocódigo del método de selección.

<p>Inicio seleccion(poblacion)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. fitnessPoblacion = 0 2. Para i = 0 Hasta tamaño(población) Hacer <ol style="list-style-type: none"> a. fitnessPoblacion = fitnessPoblacion + fitness(población[i]) Fin Para 3. fitnessAleatorio = aleatorio(0,fitnessPoblacion)

```

4. fitnessRecorrido = 0
5. Para i = 0 Hasta tamaño(población) Hacer
    a. fitnessRecorrido = fitnessRecorrido + fitness(población[i])
    b. Si fitnessRecorrido >= fitnessAleatorio Entonces
        i. Retornar población[i]
    Fin Para
Fin seleccion

```

A continuación, se explica detalladamente las líneas del pseudocódigo.

1. Se inicializa la variable para almacenar la suma de los fitness de cada individuo
2. Se itera para cada individuo de la población.
 - a. Se suma el fitness de cada individuo.
3. Se obtiene un valor aleatorio en el rango de 0 al valor almacenado del fitness de la población.
4. Se inicializa la variable que almacena la suma de fitness de cada individuo para poder seleccionar uno de ellos.
5. Se itera hasta que un individuo de la población sea seleccionado.
 - a. Se suma los fitness de cada individuo.
 - b. Si el fitness acumulado sobrepasa el fitness obtenido aleatoriamente, se retorna ese individuo.

7.7.3. Método de cruzamiento

Para el método de cruzamiento, de acuerdo al planteamiento basado, se utilizó el método Partially mapped crossover. Para esto previamente se han seleccionado previamente dos progenitores para generar nuevas soluciones y consiste en tomar ciertos genes de las mismas posiciones de ambos progenitores e intercambiarlos. Sin embargo, debido a la estructura de la

solución si se intercambian genes que contengan operadores de integración se puede alterar la consistencia de la solución. Para esto se separa los genes que contengan piezas y se realiza el procedimiento sobre estos, para luego unir con los genes de los operadores. A continuación, se presenta a detalle con un ejemplo.

Progenitor 1: [9, 12, H, 7, 8, H, H, 11, V] Progenitor 2: [11, 7, V, 12, 9, V, 8, H, V]

Figura 22. Progenitores para ejemplo de cruzamiento. Fuente: Elaboración propia

Luego de haber seleccionado los progenitores se separan las piezas de los operadores.

Progenitor 1: [9, 12, 7, 8, 11] Progenitor 2: [11, 7, 12, 9, 8]

Figura 23. Progenitores sin operadores. Fuente: Elaboración propia.

Una vez separado las piezas de los operadores, aleatoriamente se escoge un rango de posiciones para ser intercambiadas.

Progenitor 1: [9, 12, 7, 8, 11] Progenitor 2: [11, 7, 12, 9, 8]

Figura 24. Selección de piezas de intercambio. Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, las piezas seleccionadas son intercambiadas y se unen nuevamente con los operadores en el mismo orden que se encontraba. De esta forma se generan las nuevas soluciones. Cabe resaltar que en el caso de intercambiar las piezas puede repetirse las piezas

nuevas con las piezas no intercambiadas o algunas de ellas. En caso esto sucediera se debe realizar un intercambio más entre las piezas repetidas en los nuevos descendientes.

Descendiente 1: [9, 7, H, 12, 8, H, H, 11, V] Descendiente 2: [11, 12, V, 7, 9, V, 8, H, V]

Figura 25. Descendientes de progenitores 1 y 2. Fuente: Elaboración propia.

El pseudocódigo del método descrito se puede ver a continuación. Este pseudocódigo es principalmente el propuesto por Javier Monzón; sin embargo, se reemplazaron las funciones de corrección de piezas, que se realizan luego del cruzamiento, por la función de validar y arreglar las piezas, la cual se explicará más adelante, además de la omisión de la función para separar operadores, puesto que, en la función de separación de piezas, se obtienen las piezas y se mantienen los operadores en su posición respectiva, así al unirlos nuevamente no habría inconveniente.

Tabla 18. Pseudocódigo del método de cruzamiento.

Inicio crossover(progenitor1, progenitor 2)

1. piezasProgenitor1 = separarPiezas(progenitor1)
2. piezasProgenitor2 = separarPiezas(progenitor2)
3. posicionPrimerCorte = aleatorio (1,tamañoPiezasProgenitor1 - 1)
4. posiciónSegundoCorte=aleatorio(primerCorte, tamañoPiezasProgenitor1 -1)
5. intercambiarPiezas(posicionPrimerCorte, posiciónSegundoCorte, piezasProgenitor1, piezasProgenitor2)
6. validarArreglarPiezas(posicionPrimerCorte, posiciónSegundoCorte, piezasProgenitor1, piezasProgenitor2)
7. hijo1 = unirPiezas(piezasProgenitor1, progenitor1)
8. hijo2 = unirPiezas(piezasProgenitor2, progenitor2)
9. **Retornar** lista(hijo1,hijo2)

Fin crossover

A continuación, se explica a detalle cada línea del pseudocódigo.

1. Se separan las piezas de los operadores del progenitor 1.
2. Se separan las piezas de los operadores del progenitor 2.
3. Aleatoriamente se escoge una posición para el primer corte en ambos progenitores.
4. Aleatoriamente se escoge una posición para el segundo corte en ambos progenitores.
5. Se intercambian las piezas del progenitor1 con el progenitor2 que se encuentran en el rango del primer y segundo corte.
6. En este método se realiza las correcciones si es que se encuentra piezas repetidas en la solución. El desarrollo de este método se explica adelante.
7. Se colocan las piezas en las posiciones que dejaron en el progenitor1.
8. Se colocan las piezas en las posiciones que dejaron en el progenitor2.

En el siguiente pseudocódigo se explica el método validar y arreglar piezas mencionado en el proceso anterior. En este método se busca verificar que no haya piezas repetidas entre las piezas intercambiadas, de ser así estas se vuelven a intercambiar.

Tabla 19. Pseudocódigo de validación y corrección de piezas intercambiadas.

<p>Inicio validarArreglarPiezas (posPrimerCorte, posSegundoCorte 2, piezasProgenitor1, piezasProgenitor2)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. piezasIntercambioProgenitor1=obtenerPiezasIntercambio(posPrimerCorte, posSegundoCorte, piezasProgenitor1) 2. piezasIntercambioProgenitor2=obtenerPiezasIntercambio(posPrimerCorte, posSegundoCorte, piezasProgenitor2) 3. piezasRepetidasProg1 = Vacía 4. piezasRepetidasProg2 = Vacía 5. Para i=0 Hasta cantidadPiezasIntercambioProgenitor1 Hacer <ol style="list-style-type: none"> a. Para j=0 Hasta posPrimerCorte Hacer <ol style="list-style-type: none"> i. Si piezasIntercambioProgenitor1[i] = piezasProgenitor1[j] entonces <ol style="list-style-type: none"> 1. añadirPiezaRepetida(piezasRepetidaProg1)

```

Fin Si
ii. Si piezasIntercambioProgenitor2[i] = piezasProgenitor2[ j ]
entonces
    1. añadirPiezaRepetida(piezasRepetidaProg2)
Fin Si
Fin Para
b. Para j = posSegundoCorte hasta
    tamañoPiezasProgenitor1 hacer

    i. Si piezasIntercambioProgenitor1[i] = piezasProgenitor1[ j ]
        entonces
        1. añadirPiezaRepetida(piezasRepetidaProg1)
    ii. Si piezasIntercambioProgenitor2[i] = piezasProgenitor2[ j ]
        entonces
        1. añadirPiezaRepetida(piezasRepetidaProg2)

Fin Para
Fin Para
6. Para i=0 hasta tamañoPiezasRepetidasProg1 hacer
    a. intercambiarPieza(i,piezasRepetidasProg2,piezasProgenitor1)
    b. intercambiarPieza(i,piezasRepetidasProg1,piezasProgenitor2)
Fin Para
Fin validarArreglarPiezas

```

A continuación, se explica a detalle cada línea del método anterior.

1. Se seleccionan las piezas que se intercambiaron para el progenitor1.
2. Se seleccionan las piezas que se intercambiaron para el progenitor2.
3. Se inicializa la lista para almacenar las piezas repetidas del progenitor
4. Se inicializa la lista para almacenar las piezas repetidas del progenitor2.
5. Para cada pieza intercambiada se itera para verificar si se ha repetido alguna.
 - a. Se itera para verificar si entre la posición inicial y la posición del primer corte hay alguna pieza repetida.
 - i. Si hay alguna pieza repetida en el progenitor1 se añade a la lista de repetidas.
 - ii. Si hay alguna pieza repetida en el progenitor2 se añade a la lista de repetidas.
 - b. Se itera para verificar si entre la posición del primer corte y la última pieza hay alguna pieza repetida.

- i. Si hay alguna pieza repetida en el progenitor1 se añade a la lista de repetidas.
 - ii. Si hay alguna pieza repetida en el progenitor2 se añade a la lista de repetidas.
6. Se itera para cada pieza repetida con el fin de intercambiar por la pieza adecuada.
- a. Se intercambia la pieza repetida en el progenitor2 por la posición de la pieza en el progenitor1. De esa forma se arregla la inconsistencia para esa posición.
 - b. Se intercambia la pieza repetida en el progenitor1 por la posición de la pieza en el progenitor2.

Suponiendo en el siguiente ejemplo si se escogen las piezas 7,8 y 12,9 en el progenitor 1 y 2 respectivamente. Se generaría un caso en el que se encuentren piezas repetidas.

Progenitor 1: [9,12, 7, 8, 11] Progenitor2 : [11,8, 12, 9, 7]

Figura 26. Selección de piezas de intercambio en progenitores para el segundo ejemplo. Fuente: Elaboración propia.

Luego de intercambiar se puede ver que se cuentan con piezas repetidas en ambos casos.

Descendiente 1: [9,12, 12, 9, 11] Descendiente 2 : [11,8, 7, 8, 7]

Figura 27. Intercambio de piezas con repetidas para el segundo ejemplo. Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con el pseudocódigo la primera pieza repetida detectada en el primer progenitor sería el 12 y luego el 9. Para el segundo progenitor sería el 8 y luego el 7. Entonces el primer intercambio a realizar sería la pieza 12 del primer progenitor con la pieza 8 del segundo progenitor. Finalmente, la pieza restante de cada uno generando las siguientes soluciones.

Descendiente 1: [9,12, 8, 7, 11]	Descendiente 2 : [11,8, 9 12, 7]
----------------------------------	----------------------------------

Figura 28. Descendientes para el segundo ejemplo. Fuente: Elaboración propia.

7.7.4. Método de mutación

Como método de mutación, según el planteamiento basado, se utiliza el método de intercambio. Para esto se escogen dos genes del mismo individuo y se intercambian entre sí. Sin embargo, se debe respetar la restricción de cantidad de operadores para esto. Para ello se desarrollan validaciones para persistir la consistencia de la solución. Esta mutación no se realiza para los mejores individuos. A continuación, se muestra el pseudocódigo propuesto por Javier Monzón.

Tabla 20. Pseudocódigo de mutación de cromosoma.

```

Inicio mutacionCromosoma(cromosoma)
1. gen1 = aleatorio(cromosoma)
2. gen2 = aleatorio(cromosoma)
3. Si gen1 = "Pieza" y gen2 = "Pieza" entonces
   a. intercambiarGenes(cromosoma, gen1,gen2)
4. Sino Si gen1 = "Operador" entonces
   a. intercambiarGenes(cromosoma,gen1,gen2)
5. Sino
   a. Si posicionValida(cromosoma,gen1,gen2) entonces
      i. intercambiarGenes(cromosoma,gen1,gen2)
      Fin Si
   Fin Si
Fin mutacionCromosoma

```

A continuación, se explica a detalle las líneas del pseudocódigo

1. Se escoge aleatoriamente un gen del cromosoma. Puede ser una pieza o un operador de integración.
2. Se escoge aleatoriamente un segundo gen del cromosoma.
3. Si ambos genes son piezas entonces se intercambian los genes porque no afecta la consistencia de la solución.
4. Si el primer gen es un operador tampoco afecta la consistencia de la solución y se intercambian los genes.
5. Si el primer gen es una pieza y el segundo gen es un operador entonces puede afectar la consistencia de la solución debido a la restricción explicada en la sección 7.3.1. Esto puede generar que hallan más operadores que piezas tomando una posición N como referencia.
 - a. Se valida que el intercambio no afecta la restricción. De ser así se realiza el intercambio. Caso contrario no se realiza.

De esta manera, en este capítulo se presentó el detalle del algoritmo genético, de acuerdo a los tres primeros resultados, que se empleará en el sistema como parte de las funcionalidades de las soluciones de corte. Este algoritmo ayudará a generar y presentar a los usuarios las soluciones de corte que generen menos desperdicio de material.

8. Aplicación de planeamiento, control y producción

En este capítulo se presenta las principales interfaces de las aplicaciones de planificación, digitación y control, correspondiente a los resultados 8 y 11 (R8 y R11).

8.1. Órdenes de producción

En esta vista se muestran todas las órdenes de producción, las cuales pueden ser filtradas por estado o por el nombre de la orden utilizando el buscador. Además, desde esta vista se puede crear una orden, planificar una orden o ver todas las soluciones de corte asociadas a una orden.

Bienvenido, Alvaro
Configuración

Administración Pedidos Órdenes de producción Planificaciones Reportes

Lista de Órdenes

Buscar Estado: -- Todas --

N°	Orden	Cantidad Pedida	Cantidad Producida	Fecha Fin	Estado
1	2000	40	0	23/11/2018	Registrada
2	4000	25	30	20/11/2018	Completa
3	3000	80	0	02/12/2018	Registrada
4	1000	56	40	23/11/2018	Fabricada parcial

Nueva Orden Planificacion Lista Soluciones Eliminar Orden

Figura 29. Lista de órdenes de la aplicación. Fuente: Elaboración propia.

8.2. Detalle de una orden

En esta vista se muestra el detalle de una orden de producción, donde se permite realizar modificaciones en algunos de los campos mostrados como las fechas, las cantidades pedidas, el código o el estado de la orden de considerarse que ya no se debe producir más.

The screenshot displays a web application interface for managing production orders. At the top, a blue header bar contains the user's name 'Bienvenido, Alvaro' and a 'Configuración' link. Below this is a navigation menu with options: 'Administración', 'Pedidos', 'Órdenes de producción', 'Planificaciones', and 'Reportes'. The main content area is titled 'Detalle de Orden' and is organized into three sections:

- 1. General:** Contains a 'Codigo Orden' field with the value '1000', an 'Estado' dropdown menu currently set to 'Fabricada parcial', and a 'Usuario creador' field with the value 'Pablo Ramirez'. A blue button labeled 'Escoger Material' is positioned to the right of the 'Estado' dropdown.
- 2. Datos del material:** Contains several input fields: 'Nombre de material' (Cerámica Blanca 20x60), 'Codigo de material' (3000), 'Alto (m)' (20.0), 'Ancho (m)' (60.0), and 'Unidad de material' (Uds.).
- 3. Cantidades:** This section is partially visible at the bottom of the form.

Figura 30. Detalle parcial de una orden de producción. Fuente: Elaboración propia.

The screenshot displays a web interface for order management. At the top right, the user is logged in as 'Alvaro' and is in the 'Configuración' section. The main navigation bar includes 'Administración', 'Pedidos', 'Órdenes de producción', 'Planificaciones', and 'Reportes'. The 'Detalle de Orden' form is the central focus, containing the following data:

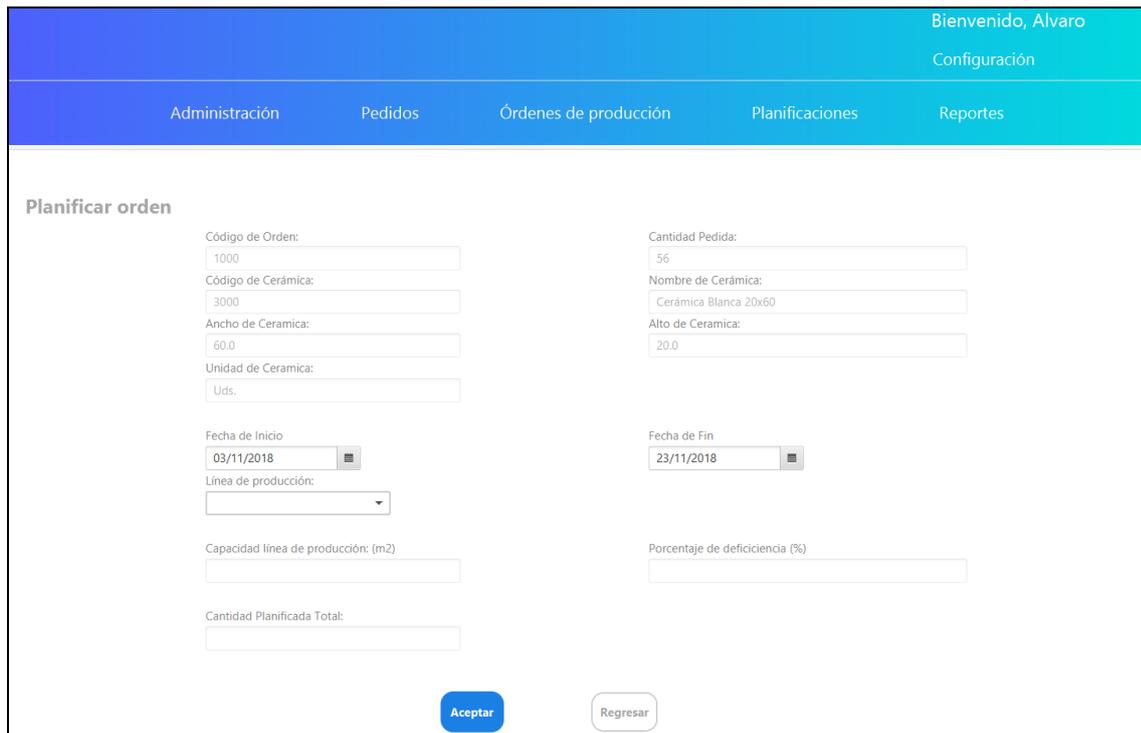
Field	Value
Alto (m):	20.0
Ancho (m):	60.0
Unidad de material:	Uds.
3. Cantidades	
Cantidad Pedida:	56
Cantidad Planificada:	56
Cantidad Producida:	40
Cantidad Rota:	0
4. Fechas	
Fecha de Inicio:	03/11/2018
Fecha de Fin:	23/11/2018

At the bottom of the form, there are two buttons: a blue 'Editar' button and a white 'Regresar' button.

Figura 31. Detalle parcial de una orden de producción. Fuente: Elaboración propia.

8.3. Planificación de órdenes

Esta vista se muestra cuando el usuario selecciona una orden y presiona el botón “Planificación” de la vista de órdenes (Ver sección 9.1). De esta forma el usuario debe completar los campos de las fechas y la línea de producción que se usará antes de aceptar la planificación.



Bienvenido, Alvaro
Configuración

Administración Pedidos Órdenes de producción Planificaciones Reportes

Planificar orden

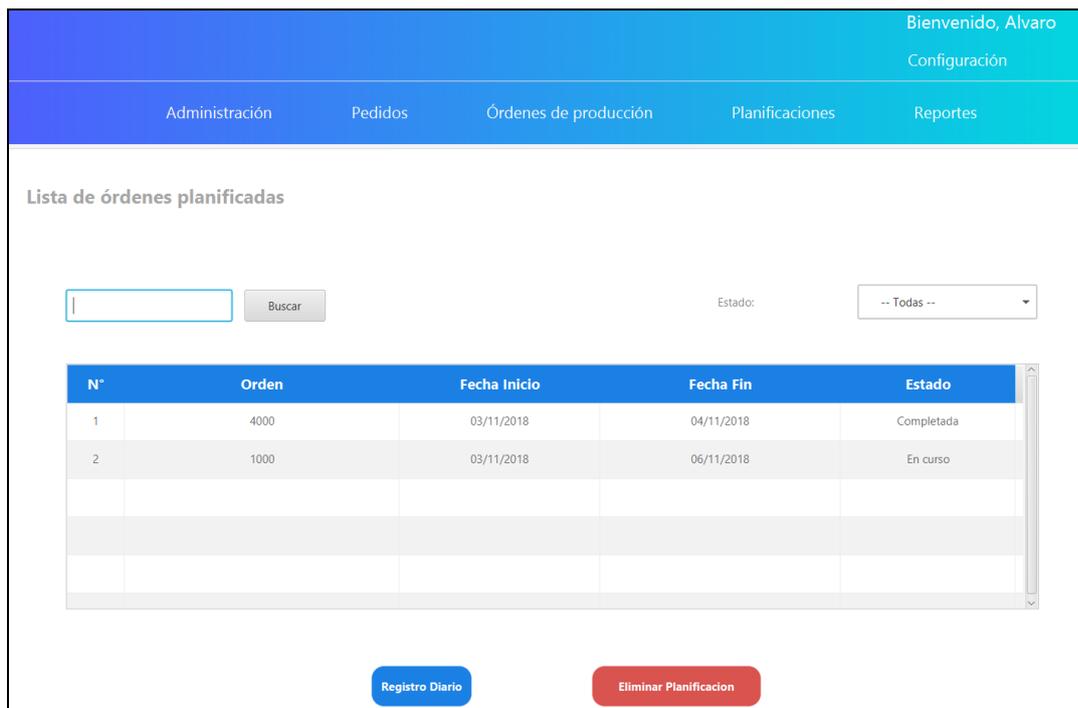
Código de Orden: 1000	Cantidad Pedida: 56
Código de Cerámica: 3000	Nombre de Cerámica: Cerámica Blanca 20x60
Ancho de Cerámica: 60.0	Alto de Cerámica: 20.0
Unidad de Cerámica: Uds.	
Fecha de Inicio: 03/11/2018	Fecha de Fin: 23/11/2018
Línea de producción: ▼	
Capacidad línea de producción: (m2)	Porcentaje de deficiencia (%)
Cantidad Planificada Total:	

Aceptar Regresar

Figura 32. Planificación de una orden. Fuente: Elaboración propia.

8.4. Lista de órdenes planificadas

En esta vista se muestran las planificaciones realizadas a las órdenes de producción. Al seleccionar una planificación se puede acceder a su detalle, realizar un registro diario o realizar la acción de eliminación.



Bienvenido, Alvaro
Configuración

Administración Pedidos Órdenes de producción Planificaciones Reportes

Lista de órdenes planificadas

Buscar Estado: -- Todas --

N°	Orden	Fecha Inicio	Fecha Fin	Estado
1	4000	03/11/2018	04/11/2018	Completada
2	1000	03/11/2018	06/11/2018	En curso

Registro Diario Eliminar Planificación

Figura 33. Lista de órdenes planificadas. Fuente: Elaboración propia.

8.5. Registro diario de la producción planificada

La siguiente vista se muestra cuando el usuario selecciona una planificación de la vista de órdenes planificadas y presiona el botón de registro diario. En esta vista el operario debe escoger el día que está registrando de la planificación e ingresar la cantidad producida, cantidad rota y una breve descripción de ser necesaria. Así mismo, se muestra la información de la orden que se está registrando, indicando los datos del material asociado a esta orden de producción. Además, se indica la línea de producción que se escogió al momento de realizar la planificación.

Bienvenido, Alvaro
Configuración

Administración Pedidos Órdenes de producción Planificaciones Reportes

Registro Diario

Orden:

Código de material:

Nombre de material:

Unidad de material:

Línea de producción:

Día a registrar:

Cantidad Producida:

Cantidad Rota:

Descripción:

Figura 34. Registro diario. Fuente: Elaboración propia.

8.6. Detalle de planificación

En esta vista se permite ver el cronograma de la planificación, de acuerdo al rango de fechas establecido, este cronograma por día muestra un color de acuerdo al estado de registro de ese día; por ejemplo, si se registró la cantidad planificada para ese día se muestra el color verde, caso contrario si se registró una cantidad menor entonces el color es rojo. En el caso que no se haya registrado nada aún, el color es blanco y si la planificación se canceló, el color es gris. Además, se muestran datos de la orden (nombre, estado), del material de la orden (código, nombre y unidad de medida) y datos de la planificación (estado, fecha de inicio, fecha de fin, cantidad planificada, producida y rota).

Bienvenido, Alvaro
Configuración

Administración Pedidos Órdenes de producción Planificaciones Reportes

Detalle de Planificación

<p>Orden: <input type="text" value="1000"/></p> <p>Línea de producción: <input type="text" value="Línea 2"/></p> <p>Código de material: <input type="text" value="3000"/></p> <p>Nombre de material: <input type="text" value="Cerámica Blanca 20x60"/></p> <p>Unidad de material: <input type="text" value="Uds."/></p> <p>Cantidad Producida: <input type="text" value="40"/></p>	<p>Estado de Orden: <input type="text" value="Fabricada parcial"/></p> <p>Estado de Planificación: <input type="text" value="En curso"/></p> <p>Fecha Inicio: <input type="text" value="03/11/2018"/></p> <p>Fecha Fin: <input type="text" value="06/11/2018"/></p> <p>Cantidad Planificada: <input type="text" value="56"/></p> <p>Cantidad Rota: <input type="text" value="0"/></p>
---	---

Cronograma:

03/11/2018	04/11/2018	05/11/2018	06/11/2018

Cancelar Planificación
Regresar

Figura 35. Detalle de una planificación. Fuente: Elaboración propia.

Cuando se hace clic en un día del cronograma, se muestra el detalle del registro diario de la producción que ingresa el operario y permite al usuario ver la cantidad producida, cantidad rota, la descripción y la hora que se registró. Además, desde esta vista se permite editar el registro del operario.

The screenshot displays a software interface with a top navigation bar containing 'Administración', 'Pedidos', 'Órdenes de producción', 'Planificaciones', and 'Reportes'. A user greeting 'Bienvenido, Alvaro' and 'Configuración' are visible in the top right. The main content area is titled 'Detalle de Planificación' and contains the following fields:

- Orden: 1000
- Línea de producción: Línea 2
- Código de material: 3000
- Nombre de material: Cerámica Blanca 20x60
- Unidad de material: Uds.
- Cantidad Producida: 40

Below the fields is a 'Cronograma' section with a Gantt chart for the dates 03/11/2018, 04/11/2018, and 05/11/2018. The 03/11/2018 bar is green, 04/11/2018 is blue, and 05/11/2018 is red. A modal window titled 'Detalle de registro diario' is open, containing the following fields:

- Cantidad Planificada: 15
- Día: 05/11/2018
- Hora de registro: 00:00
- Cantidad Producida: 10
- Cantidad Rota: 0
- Descripción: (empty text area)

Buttons for 'Editar' and 'Cerrar' are located at the bottom of the modal. A 'Cancelar Planificación' button is visible at the bottom of the main form.

Figura 36. Detalle de planificación con registro diario. Fuente: Elaboración propia.

8.7. Soluciones de corte

El usuario accede a esta vista cuando ha seleccionado la opción “Ver soluciones de corte” en la vista de órdenes (ver sección 9.1) y luego selecciona una de las soluciones de la lista (ver anexo 2). En esta vista se muestra la disposición de las piezas en el stock disponible. Siendo el rectángulo de color blanco las piezas del stock (cerámico base para la fabricación) y los rectángulos de color azul las piezas del pedido. Además, se permite exportar la solución, generando un archivo con las cantidades y medidas de las piezas del pedido y stock (ver anexo 3). Cuando las soluciones de corte son generadas utilizan la última versión de su lista de materiales, de esta manera se sabe cuál cerámico base se utilizaría en la solución.

Bienvenido, Alvaro
Configuración

Administración Pedidos Órdenes de producción Planificaciones Reportes

Simulación de corte

Código de orden:
1000

Desperdicio
0.0

Código de Cerámico:
3000

Ancho:
60.0

Alto:
20.0

Cantidad para solución:
9

Unidad
Uds.

Código de Cerámico Base:
3000

Ancho de Cerámico Base:
60.0

Alto de Cerámico Base:
60.0

Exportar Solución Regresar

Figura 37. Soluciones de corte. Fuente: Elaboración propia.

8.8. Administración de materiales

En esta vista se muestran los materiales que posee la empresa, como los distintos tipos de cerámicos, lijas, entre otros recursos que posea. Además, en esta vista se permite añadir materiales, eliminarlos o acceder al detalle de alguno al hacer doble clic (ver anexo 4).

Materiales

Código

N°	Código	Nombre	Cantidad	Cantidad Lógica	Unidad de M...	Tipo
1	1000	Lija	100.0	100.0	m2	Insumo
2	1001	Agua	100.0	100.0	L	Insumo
3	3000	Cerámica Blanca 20x60	170.0	170.0	Uds.	Producto terminado
4	3000	Cerámica Blanca 60x60	9928.0	9912.0	Uds.	Materia Prima

Figura 38. Vista de materiales. Fuente: Elaboración propia.

8.9. Lista de materiales

En esta venta se presentan las listas de materiales y sus distintas versiones que pueden poseer.

Además, se permite crear, eliminar o acceder a una lista de material ya creada.

Bienvenido, Alvaro
Configuración

Administración Pedidos Órdenes de producción Planificaciones Reportes

Listas de materiales

N°	Material	Unidad de Medida	Versión	Fecha Creación
1	Cerámica Blanca 20x60	Uds.	1	03/11/2018
2	Cerámica Blanca 20x60	Uds.	2	03/11/2018

Figura 39. Lista de materiales. Fuente: Elaboración propia.

8.10. Detalle de una lista de material

En esta vista se presenta el detalle de una lista de material, donde se puede ver todos los materiales asociados al material principal que permitirán la fabricación de este, permitiendo añadir más o eliminar alguno de ellos. Además, se muestran datos del material principal como el nombre, código, ancho, alto y la unidad de medida.

Bienvenido, Alvaro
Configuración

Administración Pedidos Órdenes de producción Planificaciones Reportes

Detalle de lista de material

Código de material:
 Escoger material

Ancho (m):

Unidad de medida:

Nombre de material:

Alto (m):

Añadir
Eliminar

N°	Código de Material	Nombre de Material	Cantidad	Unidad de Medida	Tipo
1	3000	Cerámica Blanca 60x60	1.0	Uds.	Materia Prima

Editar
Regresar

Figura 40. Detalle de una lista de materiales. Fuente: Elaboración propia.

8.11. Líneas de producción

En esta vista se puede administrar las líneas de producción de la empresa. De esta forma, se permite crear, eliminar y ver el detalle de una línea de producción (ver anexo 5).

Bienvenido, Alvaro
Configuración

Administración Pedidos Órdenes de producción Planificaciones Reportes

Líneas de producción

N°	Nombre	Capacidad (m2)	Porcentaje de Deficiencia (%)	Estado
1	Línea 2	20000.0	10.0	Operativa
2	Línea 1	100000.0	10.0	Operativa
3	Línea 3	100000.0	30.0	Inoperativa

Figura 40. Administración de una línea de producción. Fuente: Elaboración propia.}

8.12. Importar pedidos

En esta vista se permite cargar un archivo para importar los datos de los pedidos de los clientes. Al aceptar el archivo se generan automáticamente las órdenes de producción.

Bienvenido, Alvaro
Configuración

Administración Pedidos Órdenes de producción Planificaciones Reportes

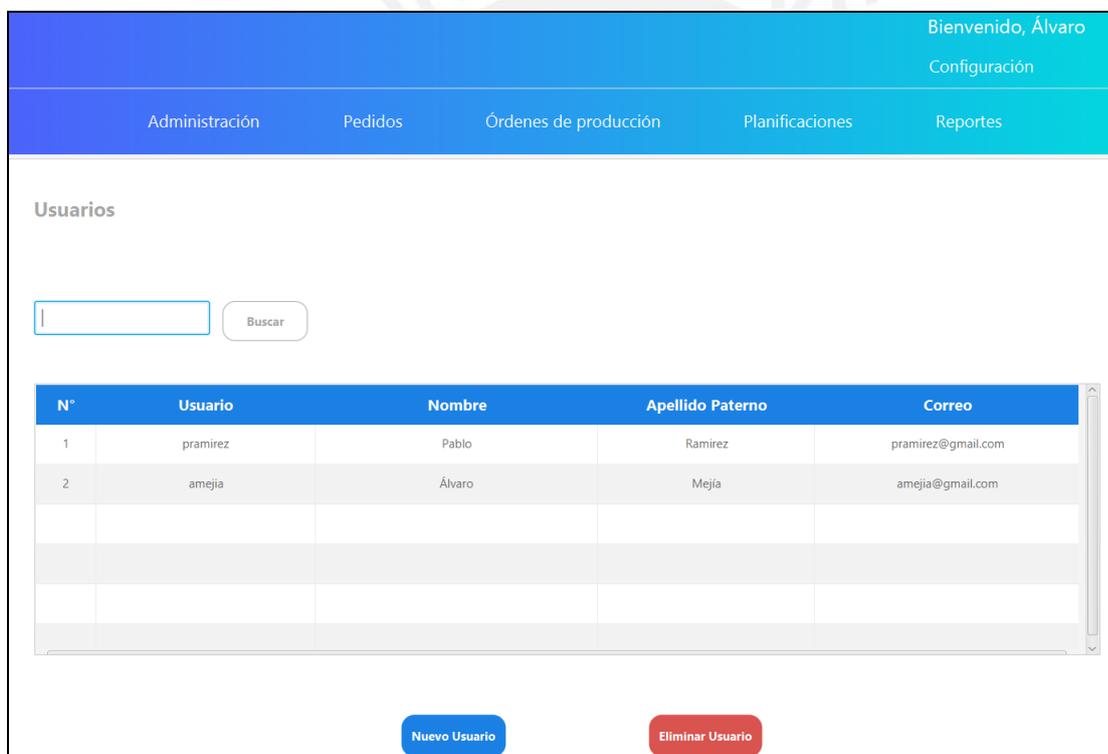
Importar pedido

Archivo:

Figura 41. Importar pedidos. Fuente: Elaboración propia.

8.13. Administración de usuarios

En esta vista se permite administrar los usuarios del sistema. De esta forma, se puede crear, eliminar y editar usuarios. Esta última función se realiza desde el detalle de un usuario accediendo a un registro de la tabla, donde se podrá escoger o cambiar el rol de un usuario (ver anexo 6). La lista de roles se administra desde otra vista (ver anexo 7)



N°	Usuario	Nombre	Apellido Paterno	Correo
1	pramirez	Pablo	Ramirez	pramirez@gmail.com
2	amejia	Álvaro	Mejia	amejia@gmail.com

Figura 42. Administración de usuarios. Fuente: Elaboración propia.

8.14. Reportes

A través de la aplicación se permite generar reportes de planificación, producción y sobre los cortes indicando el desperdicio de las soluciones elaboradas. A continuación, se muestra la pantalla para generar un reporte de planificación, para lo cual se puede escoger si será un reporte agrupado por órdenes de producción o líneas de producción. Además, se debe escoger el rango de fechas para el reporte. Las pantallas para generar un reporte de producción y reporte de corte se encuentran en el anexo 8 y 9.

The screenshot shows a web application interface for generating a planning report. At the top, there is a blue navigation bar with the following menu items: 'Administración', 'Pedidos', 'Órdenes de producción', 'Planificaciones', and 'Reportes'. The 'Reportes' item is highlighted in a lighter blue. Above the navigation bar, the user is logged in as 'Bienvenido, Álvaro' and there is a 'Configuración' link. Below the navigation bar, the main content area is titled 'Reporte de planificación'. It contains the following elements: a prompt 'Seleccione un rango de fechas para generar el reporte.', two radio buttons for 'Por órdenes' (checked) and 'Por Lineas', another prompt 'Seleccione un rango de fechas para generar el reporte.', two date input fields labeled 'Fecha de Inicio:' and 'Fecha de Fin:', and a blue button labeled 'Generar Reporte'.

Figura 43. Generación de un reporte de planificación. Fuente: Elaboración propia.

En los anexos 10, 11, 12 y 13 se pueden encontrar ejemplos de reportes.

Como se ha presentado en este capítulo, el sistema cuenta con distintas funcionalidades, de acuerdo a lo establecido en el capítulo 5, que apoyen en la planificación y control de producción de cerámicos por corte y rectificado.

9. Pruebas y documentos de validación

En este capítulo se detallan las validaciones para los resultados del proyecto tales como las pruebas unitarias desarrolladas para el programa, explicando el flujo que se siguió en estas pruebas y los documentos de validación del modelo de procesos.

Para las pruebas realizadas al sistema se detallarán las siguientes:

9.1. Pruebas de orden de producción

A continuación, se presentan los casos de uso de las pruebas realizadas a las órdenes, el detalle del código de estas pruebas se puede revisar en el anexo 14.

Tabla 21. Casos de pruebas de órdenes de producción.

Pre-Condición	<ul style="list-style-type: none"> ● Debe existir un material para asociar a la orden. ● Se debe haber creado un objeto Orden con los campos requeridos (fechas, cantidades, código y material)
<ul style="list-style-type: none"> ● Registro de una orden Se prueba el método registro de una orden, si la respuesta es verdadera se continua con el flujo de pruebas, de no ser así se retorna error en la prueba. ● Obtención de lista de ordenes Se ejecuta el método de obtención de pruebas, de retornarse una respuesta nula se retorna error en la prueba, caso contrario se continúa con las pruebas. ● Eliminación de la orden 	

Se ejecuta el método de eliminación de una orden, el cual recibe el identificador de una orden y retorna verdadero si la orden se eliminó correctamente, culminando las pruebas exitosamente. En caso retorne falso se retorna un mensaje de error.	
Post-Condición:	Se obtuvo un resultado de las pruebas.

9.2. Pruebas de planificación

A continuación, se presentan los casos de uso de las pruebas realizadas a las planificaciones, el detalle del código de estas pruebas se puede revisar en el anexo 15.

Tabla 22. Casos de pruebas de planificaciones.

Pre-Condición	<ul style="list-style-type: none"> ● Debe existir una orden ● Debe existir una lista de material ● Debe existir una línea de producción ● Se debe haber creado un objeto Planificación con los campos requeridos (orden asociada, línea de producción, cantidad planificada, fechas de inicio y fin)
<ul style="list-style-type: none"> ● Inserción de una planificación <p>Se prueba el método de insertar una planificación, si la respuesta es verdadera se continua con el flujo de pruebas, de no ser así se retorna error en la prueba.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Obtención de lista de planificaciones 	

<p>Se ejecuta el método de obtención de planificaciones, de retornarse una respuesta nula se retorna error en la prueba, caso contrario se continúa con las pruebas.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Actualizar registro diario <p>Se prueba el método para actualizar un registro diario de una planificación. De obtenerse una respuesta verdadera se continúa el flujo, caso contrario se muestra un mensaje de error.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Cancelar una planificación <p>Se prueba el método para cancelar una planificación. De obtenerse una respuesta verdadera se continúa el flujo, caso contrario se muestra un mensaje de error.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Obtención de una planificación por identificador <p>Se prueba el método para obtener una planificación por su identificador. De obtenerse una respuesta nula se muestra un mensaje de error, caso contrario se continúa con el flujo de las pruebas.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Eliminación de una planificación <p>Se ejecuta el método de eliminación de una planificación, el cual recibe el identificador de una planificación y retorna verdadero si la planificación se eliminó correctamente, culminando las pruebas exitosamente. En caso se retorne falso se retorna un mensaje de error.</p>	
Post-Condición:	Se obtuvo un resultado de las pruebas.

9.3. Pruebas de soluciones de corte

A continuación, se presentan los casos de prueba para las soluciones de corte. El código de esta prueba se encuentra en el anexo 16.

Tabla 23. Casos de pruebas de soluciones de corte.

Pre-Condición	<ul style="list-style-type: none"> ● Debe existir una orden ● Debe existir dos materiales, uno base y otro material para el pedido. ● Se debe haber creado un objeto Orden con los campos requeridos (fechas, cantidades, código y material)
<ul style="list-style-type: none"> ● Generación de solución de corte Se prueba el método para generarse las soluciones de corte, de obtenerse un error la respuesta con la lista de elementos será nula y se mostrará un mensaje de error, caso contrario en que la respuesta sea correcta se continúa con el flujo de las pruebas. ● Conversión de solución Se ejecuta el método para convertir la solución al tipo de dato de la base de datos y para poder almacenarlo posteriormente. De obtener una respuesta nula se muestra un mensaje de error, caso contrario se continúa con el flujo de pruebas. ● Guardar solución Se prueba el método para guarda la solución en base de datos. De obtenerse una respuesta verdadera se continúa con el flujo de las pruebas, caso contrario se muestra un mensaje de error. ● Obtención de soluciones Se ejecuta el método para obtener una lista de soluciones. Si se obtiene una respuesta nula, se muestra un mensaje de error, caso contrario culminan las pruebas exitosamente. 	
Post-Condición:	Se obtuvo un resultado de las pruebas.

Además, se adjuntan las pruebas para las funcionalidades de los materiales y de la lista de materiales en los anexo 17 y 18.

9.4. Documentos de validación

Los documentos de validación para el modelado de proceso y para la obtención recolectada del proceso se pueden encontrar en el anexo 19 y 20.



10. Conclusiones y trabajos futuros

10.1. Conclusiones

Para este proyecto de fin de carrera luego de realizar las implementaciones de planificación, digitación y control, se detallan las siguientes consideraciones. Sobre el modelado de los procesos, brindó la información necesaria para comprender y proponer las funcionalidades que se desarrollaron para este proyecto, pudiendo así detallarse de una manera más amplia en el documento de análisis con el catálogo de requisitos y casos de uso, donde además de detallarse el flujo de las funcionalidades, se brinda la información sobre los usuarios del sistema que pueden realizar ciertas acciones, definiendo así los roles bases para el sistema.

Durante el desarrollo del diseño de las aplicaciones, se identificó la arquitectura que tendría la aplicación, para ello se definió que la aplicación sería de escritorio y esta estaría instalada en las computadoras del área de producción por corte y rectificado. Además, se comunicarían, cuando sea necesario con la base de datos que se encontrará en el servidor.

Sobre el desarrollo de las aplicaciones, las funcionalidades implementadas para el sistema como el seguimiento de la planificación permiten llevar un control por parte de los supervisores sobre la manufactura de los productos por día y a lo largo de todo el proceso de producción, de acuerdo a lo registrado por los operarios. Para esto, como se mostró en la vista de un registro diario en el capítulo 8, los operarios registran en el sistema las cantidades producidas y rotas al momento de completar el proceso de producción. Esta acción mantiene actualizada las cantidades del stock para que en todo momento los supervisores puedan ver las cantidades disponibles de sus materiales, además se permite observar la información de la producción para un periodo de fechas a través de los reportes (ver sección 8.14).

La integración del algoritmo en la aplicación y su interfaz presentada en el capítulo 8, proporciona la facilidad a los operarios para calcular soluciones de corte que generen menos desperdicio de material, evitando también invertir tiempo en el cálculo manual de estas soluciones. Estas soluciones muestran la disposición de los materiales sobre las piezas bases de acuerdo a la lista de materiales y son generadas para la cantidad de material que el usuario escoge, brindando una flexibilidad para la cantidad que se requiera probar. Además, se permite revisar las soluciones pasadas generadas indicando en todo momento el desperdicio de material que se obtuvo para facilitar su elección y escoger alguna de estas soluciones para exportarlas en formato CSV, brindando un archivo con las dimensiones de las piezas que permitan al operario con mayor facilidad configurar las máquinas de corte.

10.2. Trabajos futuros

Como trabajos futuros para este proyecto de fin de carrera se plantea las siguientes recomendaciones:

- Incorporar una comunicación entre las máquinas de corte y el sistema para que pueda darse las indicaciones de corte a través de este.
- Integrar a un sistema de costos para contar con un mayor detalle y precisión sobre los costos de la producción de los cerámicos.

11.Referencias

- Akhtar, J. (2013). Production Planning and Control with SAP ERP, 1028. Retrieved from http://www.amazon.com/Production-Planning-Control-SAP-ERP/dp/1592298680/ref=sr_1_1?ie=UTF8&qid=1414574245&sr=8-1&keywords=production+planning
- Alem, S. M., & Ghodsi, R. (2011). THE CUTTING STOCK PROBLEM WITH OVERLAPPED PATTERNS (A NEW CLASS OF CSPs). *International Journal of Academic Research*, 3(2), 486–494. Retrieved from [http://www.ijar.lit.az/pdf/10/2011\(10-79\).pdf%5Cnhttp://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:THE+CUTTING+STOCK+PROBLEM+WITH+OVERLAPPED+PATTERNS+\(A+NEW+CLASS+OF+CSPs\)#1](http://www.ijar.lit.az/pdf/10/2011(10-79).pdf%5Cnhttp://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:THE+CUTTING+STOCK+PROBLEM+WITH+OVERLAPPED+PATTERNS+(A+NEW+CLASS+OF+CSPs)#1)
- Anderson, D. J., & Carmichael, A. (2016). *Essential Kaban Condensed*.
- Arredondo Ortega, G., Ocampo Jaramillo, K. V., Orejuela Cabrera, J. P., & Rojas Trejos, C. A. (2017). Modelo de planeación y control de la producción a mediano plazo para una industria textil en un ambiente make to order. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 16(30), 169–193. <https://doi.org/10.22395/rium.v16n30a9>
- Biswas, S., & Chakraborty, A. (2016). Importance of Production Planning and Control in Small Manufacturing Enterprises, 5(6), 61–64.
- Bizagi. (n.d.). Guía de Usuario de Bizagi Process Modeler. Retrieved May 30, 2018, from <http://help.bizagi.com/process-modeler/es/>
- Bonney, M. (2000). Reflections on production planning and control (PPC). *Gestão & Produção*, 7(3), 181–207. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2000000300002>
- Building and Construction Authority. (2010). Rectified Ceramic Tiles 3. *Good Industry Practices*, 23–30.
- Chen, C. S., Mestry, S., Damodaran, P., & Wang, C. (2009). The capacity planning problem in make-to-order enterprises. *Mathematical and Computer Modelling*, 50(9–10), 1461–1473. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2009.07.010>
- Dyckhoff, H. (1990). A typology of cutting and packing problems. *European Journal of Operational Research*, 44(2), 145–159. [https://doi.org/10.1016/0377-2217\(90\)90350-K](https://doi.org/10.1016/0377-2217(90)90350-K)

- Ehrenthal, J. C. F., Gruen, T. W., & Hofstetter, J. S. (2014). Value attenuation and retail out-of-stocks. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 44(1/2), 39–57. <https://doi.org/10.1108/IJPDLM-02-2013-0028>
- European Comission. (2007). Reference Document on Best Available Techniques in the Ceramic Manufacturing Industry. *Ceramic Manufacturing Industry*, (August), 210–211. Retrieved from http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/cer_bref_0807.pdf
- Extreme Programming. (2013). Extreme Programming: A Gentle Introduction. Retrieved May 30, 2018, from <http://www.extremeprogramming.org/>
- GALARZA MEZA Marco Paulo. (2014). Desperdicio De Materiales En Obras De Construccion Civil: Metodos De Medicion Y Control. *Pontificia Universidad Católica Del Perú*, (1), 1–89. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Goldberg, D. E. (1989). Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning.
- Gonzáles Morales, N. S. (2011). Control de mermas y desperdicios en almacén de condimentos de industria avícola.
- Hadidi, L. A., Turki, U. M. Al, & Rahim, A. (2012). Integrated models in production planning and scheduling, maintenance and quality: a review. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 10(1), 21. <https://doi.org/10.1504/IJISE.2012.044042>
- Hernández, M. A., Cantín, S., López, N., & Rodríguez, M. (2012). Estudio de Encuestas, 21.
- INEI. (2018). Volumen exportado de productos tradicionales creció 16,2% en marzo del presente año, 2017–2019.
- López-Roldán, P., & Fachelli, S. (2015). Metodología De La Investigación Social Cuantitativa. *Metodología De La Investigación Social Cuantitativa*, 4–41.
- MirHassani, S. A., & Jalaeian Bashirzadeh, A. (2015). A GRASP meta-heuristic for two-dimensional irregular cutting stock problem. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 81(1–4), 455–464. <https://doi.org/10.1007/s00170-015-7107-1>
- Monzón Durand, J. A. (2017). Implementación del algoritmo metaheurístico Cuckoo Search para la optimización de cortes en dos dimensiones de productos cerámicos con defectos para la producción de piezas decorativas.

- MRPeasy. (n.d.). MRPeasy - Manufacturing Software. Retrieved April 18, 2018, from <https://www.mrpeasy.com/>
- Olhager, J. (2003). Strategic positioning of the order penetration point. *International Journal of Production Economics*, 85(3), 319–329. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(03\)00119-1](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(03)00119-1)
- Padilla Carrasco, X. L. (2014). Metodología para control de mermas y mejora de eficiencia en la empresa Granel S.A de C.V. Retrieved from <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/3411/1/AGN-2014-T036.pdf>
- PLEX. (n.d.). Manufacturing ERP Online Software Solutions - Plex Systems. Retrieved April 19, 2018, from <https://www.plex.com/>
- Porras, L. F. T. (2016). Propuesta de mejora de una empresa de producción de sanitarios y accesorios de baño en lima metropolitana.
- PostgreSQL. (n.d.). PostgreSQL: Acerca de. Retrieved May 31, 2018, from <https://www.postgresql.org/about/>
- Ptak, C., & Chad, S. (2011). Master Production Schedule. *Orlicky's Material Requirements Planning, Third Edition*, 12. Master Production Schedule. <https://doi.org/10.1002/9781118785317.weom100191>
- Rafiei, H., & Rabbani, M. (2012). Capacity coordination in hybrid make-to-stock / make- to-order production environments. *International Journal of Production Research*, 50(May), 37–41. <https://doi.org/10.1080/00207543.2010.543174>
- Rojas, P. V. (2015). Control de mermas en los inventarios para la cadena de suministro farmacéutico. Retrieved from <http://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/6800>
- Sanchez, R. (2015). Aplicación de Algoritmos Genéticos para la optimización del corte de material. Retrieved from <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/68440/Sánchez-Aplicación de algoritmos.pdf?sequence=3>
- Spring. (n.d.). Spring Framework. Retrieved May 30, 2018, from <https://spring.io/projects/spring-framework>
- Standard, I. (1998). Ceramic tiles - Definitions, classification, characteristics and marketing. *International Standard*, 1998(1).
- StarUML. (n.d.). StarUML. Retrieved May 30, 2018, from <http://staruml.io/>

- Stevenson, M., Hendry, L., & Kingsman, B. (2003). A review of Production Planning and Control (PPC): the applicability of key concepts to the Make to Order (MTO) industry., *54*(5). <https://doi.org/10.1080/0020754042000298520>
- Tamlander, J. (2016). Defining a Manufacturing Planning and Control Model For a Lean Manufacturing Company, (April).
- UNIDO. (2017). World Manufacturing Production. Statistics for Quarter IV, 2017, 1–19.
- Williamson, L. D. P. (2008). The Ordered Cutting Stock Problem. *Cornell University*, *35*(1), 1–3.
- World Ceramic Tiles Forum. (2017). Updates — World Ceramic Tiles Forum. Retrieved from <http://www.worldceramictiles.org/updates/>



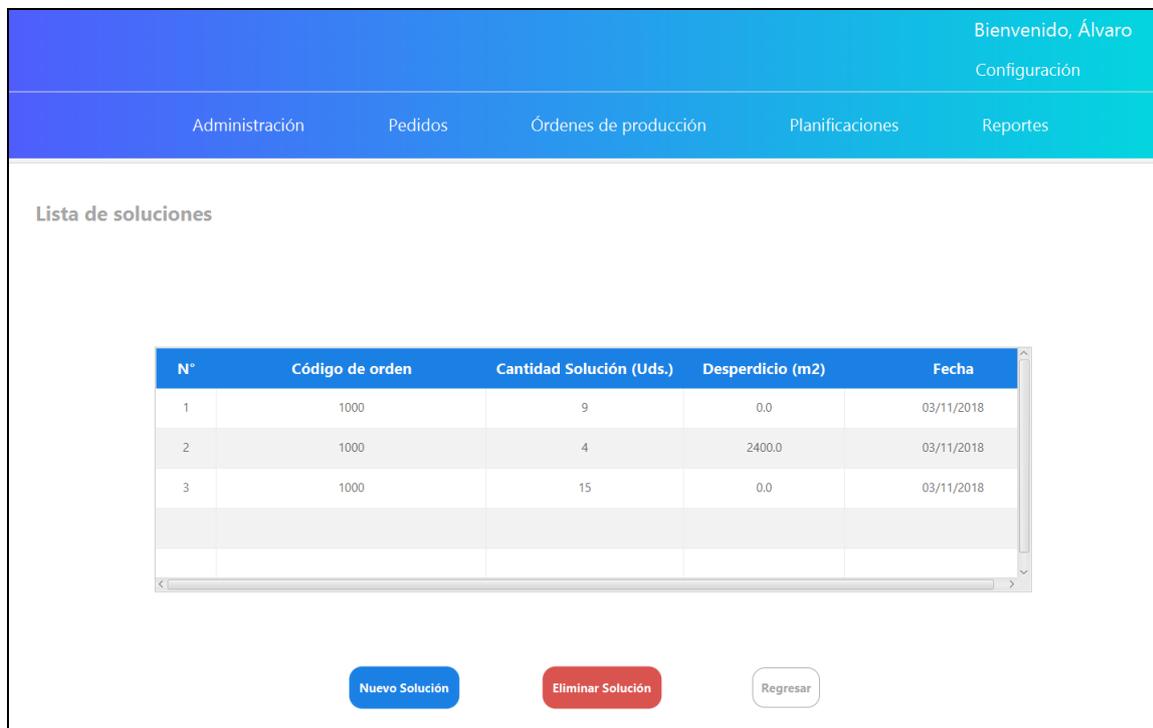
12. Anexos

1) Cronograma del proyecto

N°	Nombre de tarea	Duración (días)	Fecha Inicio	Fecha Fin
1	Iteración 1	36	9/07/2018	18/08/2018
1.1	Función objetivo para el algoritmo	6	9/07/2018	15/07/2018
1.2	Estructura de datos que soporten la implementación del algoritmo	4	16/07/2018	20/07/2018
1.3	Adaptación del algoritmo	6	21/07/2018	27/07/2018
1.4	Redacción del capítulo del algoritmo en el documento	5	28/07/2018	2/08/2018
1.5	Algoritmo implementado	15	3/08/2018	18/08/2018
1.6	Redacción en el documento sobre la implementación del algoritmo	5	19/08/2018	24/08/2018
2	Iteración 2	40	25/08/2018	9/10/2018
2.1	Documentación del modelo de proceso de producción de cerámicos por corte y rectificado	4	25/08/2018	29/08/2018
2.2	Redacción del modelo del proceso en el documento	4	30/08/2018	3/09/2018
2.3	Documento de análisis y diseño para la aplicación de planificación	6	4/09/2018	10/09/2018
2.4	Redacción en el documento sobre el análisis y diseño de la aplicación de planificación	4	11/09/2018	15/09/2018

2.5	Aplicación de planificación implementada	18	16/09/2018	4/10/2018
2.6	Redacción en el documento sobre la implementación de la aplicación de planificación	4	5/10/2018	9/10/2018
3	Iteración 3	33	10/10/2018	15/11/2018
3.1	Documento de análisis y diseño para la aplicación de digitación y control	5	10/10/2018	15/10/2018
3.2	Redacción en el documento sobre el diseño y análisis de la aplicación de digitación y control	5	16/10/2018	21/10/2018
3.3	Aplicación de digitación y control implementada	18	22/10/2018	9/11/2018
3.4	Redacción en el documento sobre la implementación de la aplicación de digitación y control	5	10/11/2018	15/11/2018

2) Lista de soluciones



Bienvenido, Álvaro
Configuración

Administración Pedidos Órdenes de producción Planificaciones Reportes

Lista de soluciones

N°	Código de orden	Cantidad Solución (Uds.)	Desperdicio (m2)	Fecha
1	1000	9	0.0	03/11/2018
2	1000	4	2400.0	03/11/2018
3	1000	15	0.0	03/11/2018

[Nuevo Solución](#) [Eliminar Solución](#) [Regresar](#)

Figura 44. Lista de soluciones. Fuente: Elaboración propia.

3) Solución de corte exportada

Las líneas con x, y, ancho y alto cero indican el stock o el inicio de un stock con las piezas asociadas.

	A	B	C	D
1	x	y	ancho	alto
2	0	0	0	0
3	0	0	60	20
4	0	20	60	20
5	0	40	60	20
6	0	0	0	0
7	0	0	60	20
8	0	20	60	20
9	0	40	60	20
10	0	0	0	0
11	0	0	60	20
12	0	20	60	20
13	0	40	60	20

Figura 45. Ejemplo de solución exportada en formato csv. Fuente: Elaboración propia.

4) Detalle de un material

Bienvenido, Álvaro
Configuración

Administración Pedidos Órdenes de producción Planificaciones Reportes

Detalle de Material

Código Material:	Nombre:
<input type="text" value="3000"/>	<input type="text" value="Cerámica Blanca 60x60"/>
Cantidad:	Cantidad lógica:
<input type="text" value="9928.0"/>	<input type="text" value="9912.0"/>
Ancho (m):	Alto (m):
<input type="text" value="60.0"/>	<input type="text" value="60.0"/>
Tipo:	Unidad:
<input type="text" value="Materia Prima"/>	<input type="text" value="Uds."/>
Descripción:	
<input type="text"/>	

Figura 46. Detalle de un material. Fuente: Elaboración propia.

5) Detalle de una línea de producción

Bienvenido, Álvaro
Configuración

Administración Pedidos Órdenes de producción Planificaciones Reportes

Detalle de Línea de Producción

Nombre:
Linea 1

Capacidad (m2):
100000.0

Porcentaje de deficiencia (%):
10.0

Estado:
Operativa

Editar Regresar

Figura 47. Detalle de una línea de producción. Fuente: Elaboración propia.

6) Detalle de un usuario

Bienvenido, Álvaro
Configuración

Administración Pedidos Órdenes de producción Planificaciones Reportes

Detalle de Usuario

Usuario:
ameja

Contraseña:
.....

Nombre:
Álvaro

Apellido Paterno:
Mejia

Apellido Materno:
Salazar

Sexo:
 Masculino Femenino

Fecha de Nacimiento:
03/08/1992

Correo:
ameja@gmail.com

Rol:
Supervisor de producción

Linea:
Linea 2
Linea 1
Linea 3

Editar Regresar

Figura 48. Detalle de un usuario. Fuente: Elaboración propia.

7) Lista de roles

Bienvenido, Álvaro
Configuración

Administración Pedidos Órdenes de producción Planificaciones Reportes

Roles

N°	Nombre	Fecha Creación
1	Supervisor de planta	01/11/2018
2	Supervisor de producción	03/11/2018
3	Operario	03/11/2018

Figura 49. Lista de roles. Fuente: Elaboración propia.

8) Generación de un reporte de producción

Bienvenido, Álvaro
Configuración

Administración Pedidos Órdenes de producción Planificaciones Reportes

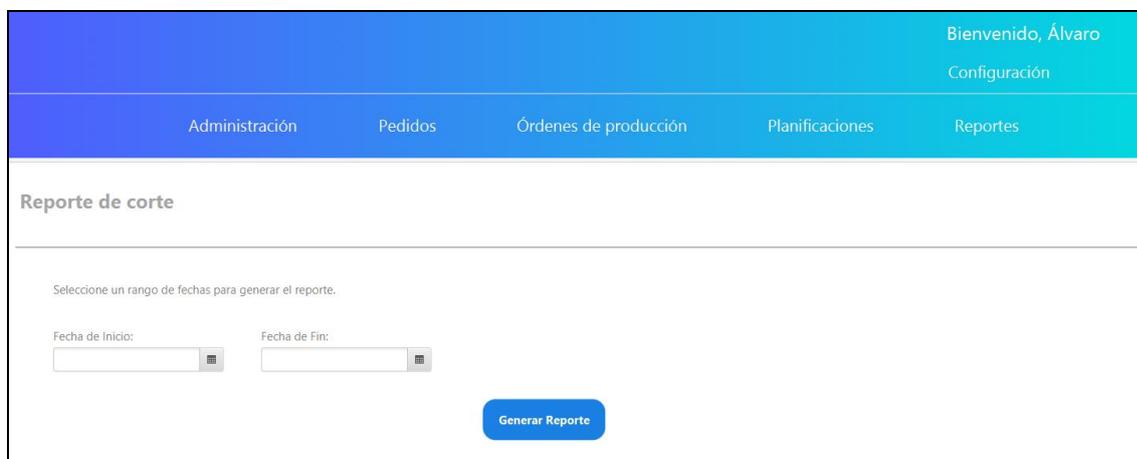
Reporte de producción

Seleccione un rango de fechas para generar el reporte.

Fecha de Inicio: Fecha de Fin:

Figura 50. Generación de un reporte de producción. Fuente: Elaboración propia.

9) Generación de un reporte de corte



Bienvenido, Álvaro
Configuración

Administración Pedidos Órdenes de producción Planificaciones Reportes

Reporte de corte

Seleccione un rango de fechas para generar el reporte.

Fecha de Inicio: Fecha de Fin:

[Generar Reporte](#)

Figura 51. Generación de un reporte de corte. Fuente: Elaboración propia.

10) Ejemplo de reporte de producción

<u>REPORTE DE PRODUCCIÓN</u>					
FECHA: 28/10/2018					
<u>1. INFORMACIÓN GENERAL</u>					
La información presentada corresponde al periodo del 16/10/2018 al 03/11/2018.					
<u>2. CONSOLIDADO DE ÓRDENES</u>					
Código	Material	Cantidad Pedida (Uds.)	Cantidad Producida (Uds.)	Cantidad Rota (Uds.)	Estado
4000	Cerámica Blanca 20x60	15	0	0	Registrada
3000	Cerámica Blanca 20x60	50	40	0	Fabricada parcial
2000	Cerámica Blanca 20x60	400	95	0	Fabricada parcial
1000	Cerámica Blanca 20x60	10	19	0	Fabricada parcial
Total		475	154	0	
Creado por: Juan Perez Carrillo					

Figura 52. Ejemplo de reporte de producción. Fuente: Elaboración propia.

11) Ejemplo de reporte de planificación por órdenes

REPORTE DE PLANIFICACIÓN							
FECHA: 28/10/2018							
1. INFORMACIÓN GENERAL							
La información presentada corresponde al periodo del 24/10/2018 al 11/11/2018.							
2. CONSOLIDADO DE PLANIFICACIONES POR ORDEN							
2.1. ORDEN 1000							
En esta sección se muestran las planificaciones asociadas a la orden 1000. Para la cual se fabrican 10 unidades del material: Cerámica Blanca 20x60, con código 2000. El estado de la orden es Fabricada parcial.							
N°	Cantidad Planificada (Uds.)	Cantidad Producida (Uds.)	Cantidad Rota (Uds.)	Línea de producción	Fecha de inicio	Fecha de Fin	Estado
1	10	10	0	Línea 1	28/10/2018	28/10/2018	Completada
2	10	0	0	Línea 1	27/10/2018	27/10/2018	En curso
3	10	9	0	Línea 1	29/10/2018	29/10/2018	En curso
Total	30	19	0				
2.2. ORDEN 2000							
En esta sección se muestran las planificaciones asociadas a la orden 2000. Para la cual se fabrican 400 unidades del material: Cerámica Blanca 20x60, con código 2000. El estado de la orden es Fabricada parcial.							
N°	Cantidad Planificada (Uds.)	Cantidad Producida (Uds.)	Cantidad Rota (Uds.)	Línea de producción	Fecha de inicio	Fecha de Fin	Estado
1	180	95	0	Línea 1	28/10/2018	08/11/2018	En curso
Total	180	95	0				
2.3. ORDEN 3000							
En esta sección se muestran las planificaciones asociadas a la orden 3000. Para la cual se fabrican 50 unidades del material: Cerámica Blanca 20x60, con código 2000. El estado de la orden es Fabricada parcial.							
N°	Cantidad Planificada (Uds.)	Cantidad Producida (Uds.)	Cantidad Rota (Uds.)	Línea de producción	Fecha de inicio	Fecha de Fin	Estado
1	45	0	0	Línea 1	31/10/2018	02/11/2018	En curso
2	50	40	0	Línea 1	04/11/2018	07/11/2018	En curso
3	50	0	0	Línea 1	27/10/2018	30/10/2018	En curso
Total	145	40	0				
Creado por: Juan Perez Carrillo							

Figura 53. Ejemplo de un reporte de planificación por orden. Fuente: Elaboración propia.

12) Ejemplo de reporte de planificación por líneas de producción

REPORTE DE PLANIFICACIÓN							
FECHA: 28/10/2018							
1. INFORMACIÓN GENERAL							
La información presentada corresponde al periodo del 17/10/2018 al 13/11/2018.							
2. CONSOLIDADO DE PLANIFICACIONES POR LÍNEA DE PRODUCCIÓN							
2.1. LÍNEA: Línea 1							
En esta sección se muestran las planificaciones asociadas a la línea de producción: Línea 1.							
N°	Código de orden	Cantidad Planificada (Uds.)	Cantidad Producida (Uds.)	Cantidad Rota (Uds.)	Fecha de inicio	Fecha de Fin	Estado
1	3000	50	40	0	04/11/2018	07/11/2018	En curso
2	1000	10	9	0	29/10/2018	29/10/2018	En curso
3	1000	10	10	0	28/10/2018	28/10/2018	Completada
4	3000	45	0	0	31/10/2018	02/11/2018	En curso
5	2000	180	95	0	28/10/2018	08/11/2018	En curso
6	3000	50	0	0	27/10/2018	30/10/2018	En curso
7	1000	10	0	0	27/10/2018	27/10/2018	En curso
Total		355	154	0			
2.2. LÍNEA: Línea 2							
En esta sección se muestran las planificaciones asociadas a la línea de producción: Línea 2.							
N°	Código de orden	Cantidad Planificada (Uds.)	Cantidad Producida (Uds.)	Cantidad Rota (Uds.)	Fecha de inicio	Fecha de Fin	Estado
1	1000	10	10	0	10/11/2018	10/11/2018	Completada
2	2000	33	0	0	31/10/2018	02/11/2018	En curso
3	2000	33	0	0	28/10/2018	30/10/2018	En curso
Total		76	10	0			
Creado por: Juan Perez Carrillo							

Figura 54. Ejemplo de reporte de planificación por líneas. Fuente: Elaboración propia.

13) Ejemplo de reporte de corte

REPORTE DE CORTE					
FECHA: 28/10/2018					
<u>1. INFORMACIÓN GENERAL</u>					
La información presentada corresponde al periodo del 26/10/2018 al 02/11/2018.					
<u>2. CONSOLIDADO POR ORDEN</u>					
<u>2.1. ORDEN 1000</u>					
En esta sección se muestran las planificaciones asociadas a la orden 1000. Para la cual se fabrican 10 unidades del material: Cerámica Blanca 20x60, con código 2000.					
N°	Código material base	Nombre material base	Cantidad Solución (Uds.)	Desperdicio (m2)	Fecha de creación
1	3000	Cerámica Blanca 60x60	10	0.0	28/10/2018
2	3000	Cerámica Blanca 60x60	10	7200.0	28/10/2018
3	3000	Cerámica Blanca 60x60	100	2400.0	28/10/2018
Total			120	9600.0	
<u>2.2. ORDEN 2000</u>					
En esta sección se muestran las planificaciones asociadas a la orden 2000. Para la cual se fabrican 400 unidades del material: Cerámica Blanca 20x60, con código 2000.					
N°	Código material base	Nombre material base	Cantidad Solución (Uds.)	Desperdicio (m2)	Fecha de creación
1	3000	Cerámica Blanca 60x60	3	0.0	28/10/2018
2	3000	Cerámica Blanca 60x60	9	0.0	28/10/2018
3	3000	Cerámica Blanca 60x60	10	1200.0	28/10/2018
Total			22	1200.0	
Creado por: Juan Perez Carrillo					

Figura 55. Ejemplo de reporte de corte. Fuente: Elaboración propia.

14) Pruebas de órdenes

```

public void probarOrdenes() {
    Orden ordenAInsertar = null;
    try{
        ordenAInsertar = generarOrden();
    }catch (Exception e){
        e.printStackTrace();
        return;
    }

    Assert.assertNotNull("Error - Al generar la orden de prueba",ordenAInsertar);

    logger.info("Probando inserción de orden...");
    boolean repuestaInsertar = controllerOrden.registrarOrden(ordenAInsertar);

    Assert.assertEquals("Error - Se esperaba que se inserte la orden",true,repuestaInsertar);

    logger.info("Probando obtención de ordenes...");
    List<Orden> listOrdenes = controllerOrden.obtenerOrdenes();
    logger.info("Lista Ordenes: "+listOrdenes);
    Assert.assertNotNull("Error - No se espera la lista de ordenes nula",listOrdenes);
    Orden ordenAEliminar = null;
    for(Orden orden : listOrdenes){
        logger.info("Orden: "+orden.getCodigoOrden());
        if(orden.getCodigoOrden().equalsIgnoreCase(codigoOrdenTest)){
            ordenAEliminar = orden;
            break;
        }
    }
    if(ordenAEliminar != null){
        logger.info("Probando eliminación de orden...");
        boolean respuesta = controllerOrden.eliminarOrden(ordenAEliminar.getIdOrden());
        Assert.assertEquals("Error - Se esperaba que se elimine la orden",true,respuesta);
    }
}

```

Figura 56. Código de pruebas de órdenes. Fuente: Elaboración propia.

15) Prueba de planificaciones

```

public void probarPlanificaciones(){
    Planificacion planificacionInsertar = null;
    try{
        planificacionInsertar = generarPlanificacion();
    }catch (Exception e){
        e.printStackTrace();
        return;
    }

    Assert.assertNotNull("Error - Al generar la planificación de prueba",planificacionInsertar);

    logger.info("Probando inserción de planificacion...");
    boolean respuestaInsertar = controllerPlanificacion.insertarPlanificacion(planificacionInsertar);
    Assert.assertEquals("Error - Se esperaba que se inserte la planificacion",true,respuestaInsertar);

    logger.info("Probando obtención de planificaciones...");
    List<Planificacion> listaPlanificaciones = controllerPlanificacion.obtenerPlanificaciones();
    Assert.assertNotNull("Error - No se espera la lista de planificaciones nula",listaPlanificaciones);

    if(planificacionInsertar.getIdPlanificacion() != null){

        PlanificacionxDia planificacionxDia = planificacionInsertar.getListaPlanificacionxDia().get(0);
        planificacionxDia.setCantidadProducida(5);

        logger.info("Actualizando planificacion por dia...");
        boolean respuestaActualizar = controllerPlanificacion.actualizarPlanificacionxDia(planificacionxDia);
        Assert.assertEquals("Error - Se esperaba que se actualize la planificacion x dia",true,respuestaActualizar);

        logger.info("Cancelando planificacion...");
        boolean respuestaCancelar = controllerPlanificacion.cancelarPlanificacion(planificacionInsertar.getIdPlanificacion());
        Assert.assertEquals("Error - Se esperaba que se cancele la planificacion",true,respuestaCancelar);

        logger.info("Obteniendo planificacion por id...");
        Planificacion planificacionObtenida = controllerPlanificacion.obtenerPlanificacionId(planificacionInsertar.getIdPlanificacion());
        Assert.assertNotNull("Error - Se esperana obtener una planificacion por id",planificacionObtenida);

        Assert.assertEquals("Error - Se esperaba que se haya cancelado la planificacion",Constantes.ESTADO_PLANIFICACION_CANCELADA,planificacionObtenida.getEstado());

        logger.info("Probando eliminación de planificacion...");
        boolean respuesta = controllerPlanificacion.eliminarPlanificacion(planificacionInsertar.getIdPlanificacion());
        Assert.assertEquals("Error - Se esperaba que se elimine la planificacion",true,respuesta);
    }
}

```

Figura 57. Código de pruebas de planificaciones. Fuente: Elaboración propia.

16) Pruebas de soluciones

```

public void probarSoluciones() {
    Cromosoma cromosoma = new Cromosoma();
    Solucion solucion = generarSolucion();
    List<Stock> listaStockDistribuido = null;
    Double desperdicio = null;
    try {
        listaStockDistribuido = controllerSolucion.generarSolucion(solucion, cromosoma);
        desperdicio = controllerSolucion.calcularDesperdicio(listaStockDistribuido);
    } catch (Exception e) {
        e.printStackTrace();
    }
    Assert.assertNotNull("Error - No se espera que la lista de stock distribuido sea nula", listaStockDistribuido);
    Assert.assertNotNull("Error - No se espera que el desperdicio sea nulo", desperdicio);

    solucion.setDesperdicio(desperdicio);

    String listaGenes = null;
    try {
        listaGenes = controllerSolucion.convertirStringListaGenes(cromosoma.getListaGenes());
    } catch (Exception e) {
        e.printStackTrace();
    }
    Assert.assertNotNull("Error - No se espera que la lista de genes sea nula", listaGenes);
    solucion.setListaGenes(listaGenes);

    boolean respuesta = controllerSolucion.guardarSolucion(solucion);
    Assert.assertEquals("Error - Se esperaba que se guarde la solucion", true, respuesta);

    List<Solucion> listaSoluciones = controllerSolucion.obtenerSoluciones(solucion.getOrden().getIdOrden());
    logger.info("Obteniendo soluciones...");
    Assert.assertNotNull("Error - Se esperaban obtener Soluciones", listaSoluciones);

    logger.info("Recreando soluciones...");
    List<Stock> listaStock = controllerSolucion.recrearSolucion(solucion);
    Assert.assertNotNull("Error - Se esperaba recrear la solucion", listaStock);
}

```

Figura 58. Código de pruebas de soluciones. Fuente: Elaboración propia.

17) Pruebas de materiales

```
public void probarMateriales(){
    String codigoMaterial = "9613031";
    Material material = generarMaterial(codigoMaterial,"Material PruebaxPrueba",
        "Descripcion Prueba",70.0,70.0,100.0,100.0,
        Constantes.UNIDAD_MATERIAL_UDS,Constantes.TIPO_MATERIAL_PRODUCTO_TERMINADO);

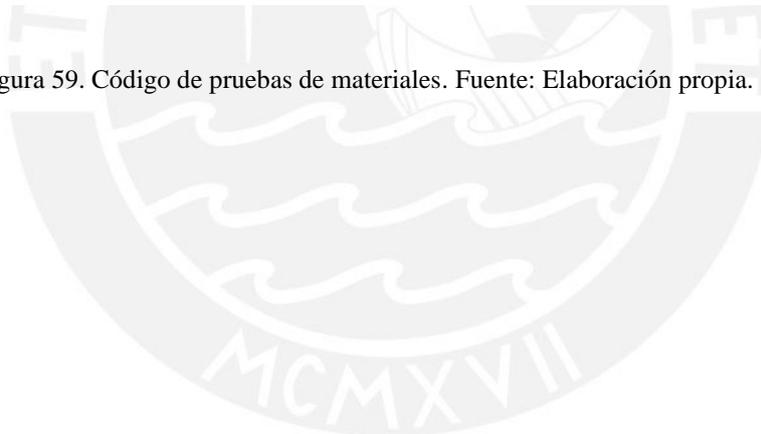
    logger.info("Insertando material...");
    boolean respuesta = controllerMaterial.registrarMaterial(material);
    Assert.assertEquals("Error - Se esperaba que se inserte el material",true,respuesta);

    logger.info("Obteniendo material por codigo...");
    Material materialInsertado = controllerMaterial.obtenerMaterialPorCodigo(codigoMaterial);
    Assert.assertNotNull("Error - Se esperaba que el material no sea nulo",materialInsertado);

    logger.info("Obteniendo todo los materiales...");
    List<Material> listaMateriales = controllerMaterial.obtenerMateriales();
    Assert.assertNotNull("Error - Se esperaba obtener materiales",listaMateriales);

    logger.info("Eliminando material...");
    boolean respuestaEliminacion = controllerMaterial.eliminarMaterial(materialInsertado.getIdMaterial());
    Assert.assertEquals("Error - Se esperaba que se inserte el material",true,respuestaEliminacion);
}
```

Figura 59. Código de pruebas de materiales. Fuente: Elaboración propia.



18) Pruebas de lista de materiales

```

public void probarListaMateriales() {

    ListaMaterial listaMaterial = generarListaMaterial();

    logger.info("Insertando lista de material...");
    boolean respuestaInsercion = controllerListaMaterial.registrarListaMaterial(listaMaterial);
    Assert.assertEquals("Error - Se esperaba que se inserte la lista de material", true, respuestaInsercion);

    Assert.assertNotEquals("Error - Se esperaba que se actualize el id de la lista de material", 0, listaMaterial.getIdListaMaterial());

    logger.info("Obteniendo componentes de la lista de material...");
    List<Material> listaComponentes = controllerListaMaterial.obtenerComponentesListasMateriales(listaMaterial.getIdListaMaterial());
    Assert.assertNotNull("Error - Se esperaba que la lista de componentes no sea nulo", listaComponentes);

    logger.info("Obteniendo lista de listas de materiales...");
    List<ListaMaterial> listaListaMateriales = controllerListaMaterial.obtenerListaMateriales();
    Assert.assertNotNull("Error - Se esperaba que la lista de materiales no sea nula", listaListaMateriales);

    logger.info("Eliminando lista de material...");
    boolean respuestaEliminacion = controllerListaMaterial.eliminarListaMaterial(listaMaterial.getIdListaMaterial());
    Assert.assertEquals("Error - Se esperaba que se inserte la lista de material", true, respuestaEliminacion);

}

```

Figura 60. Código de pruebas de lista de materiales. Fuente: Elaboración propia.

19) Encuesta de procesos

Proceso en la fabricación de cerámicas por corte y rectificado

Nombre: _____

Fecha: ___/___/___

El objetivo de esta encuesta es validar y conocer aspectos del proceso en la fabricación de cerámicos por corte y rectificado con base en su experiencia y conocimiento.

Preguntas

1. ¿De qué actividades se encarga una línea de producción en la fabricación de cerámicos por corte y rectificado?

2. En un proceso de manufactura de cerámicos por corte y rectificado se ha identificado las siguientes etapas: Realizado de cortes en los cerámicos, pulido de los cerámicos, limpieza de los cerámicos, secado de los cerámicos, clasificación de cerámicos donde se evalúa la calidad de los cerámicos y se descartan de no estar conforme y finalmente la etapa de empaquetado de los cerámicos en ese orden. En su experiencia ¿Cómo es el proceso de producción de cerámicos por corte y rectificado? ¿Qué actividades se realizan?
3. ¿Qué información contiene una orden de producción y en qué momento se genera una?
4. ¿Con base en qué criterios se planifica una orden de producción y qué información contiene esta planificación?
5. ¿De qué manera se definen las instrucciones con las medidas para las máquinas de corte?
6. ¿De qué manera se controla la producción de cerámicas por corte y rectificado?
7. ¿Qué cargos se encuentran en el proceso de producción de cerámicos por corte y rectificado y qué actividades realizan de manera general?

20) Encuesta de validación de modelado de procesos

Encuesta de validación del modelo de procesos

Nombre: _____ Fecha: ___/___/___

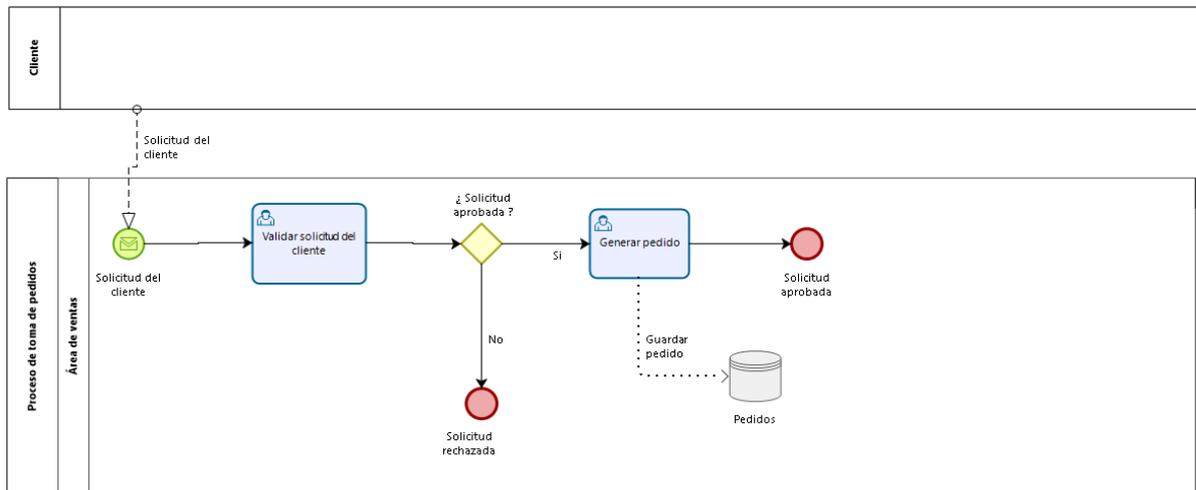
El objetivo de esta encuesta es validar los modelos de procesos para la producción y planificación de cerámicos por corte y rectificado.

Modelo de procesos

A continuación, se presenta una descripción de los procesos y al final de cada uno se presentan las opciones para su calificación sobre el proceso.

Proceso de toma de pedidos

Proceso en el cual los pedidos que se envían al área de producción. En primer lugar, se valida la solicitud del cliente, luego de ser aprobada esta solicitud se genera el pedido y se almacena, para su posterior uso. A continuación se muestra el modelado de este proceso.



De acuerdo a lo descrito y mostrado previamente, marque una alternativa de acuerdo a su juicio sobre el proceso de toma de pedidos.

El proceso de toma de pedidos descrito previamente se encuentra:

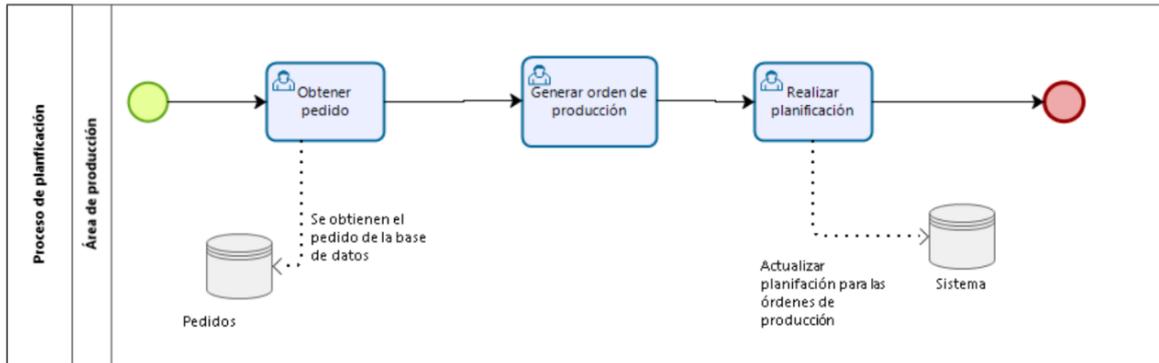
- Incorrecto Regular Correcto

De considerarlo necesario puede dejar un comentario:

Proceso de planificación

Para este proceso, primero se deben generar la órdenes de producción. Para ellos se utilizan los pedidos previamente generados. Una vez generadas las órdenes, se realiza la planificación en el periodo definido y en la línea de producción establecida.

Las órdenes de producción pueden contar con los estados de registrado, fabricado parcial, fabricado total y no atendida. El estado registrado significa que la orden recién ingresa al sistema y no atendido cuando se decide que la orden no se va a cumplir. El estado de fabricado parcial se emplea cuando ya se empezó el proceso de fabricación, pero aún no se ha completado con la cantidad pedida. Finalmente, el estado de fabricación total indica que se fabricó toda la cantidad de la orden. A continuación, se muestra el modelo del proceso de planificación.



De acuerdo a lo descrito y mostrado previamente, marque una alternativa de acuerdo a su juicio sobre el proceso de planificación.

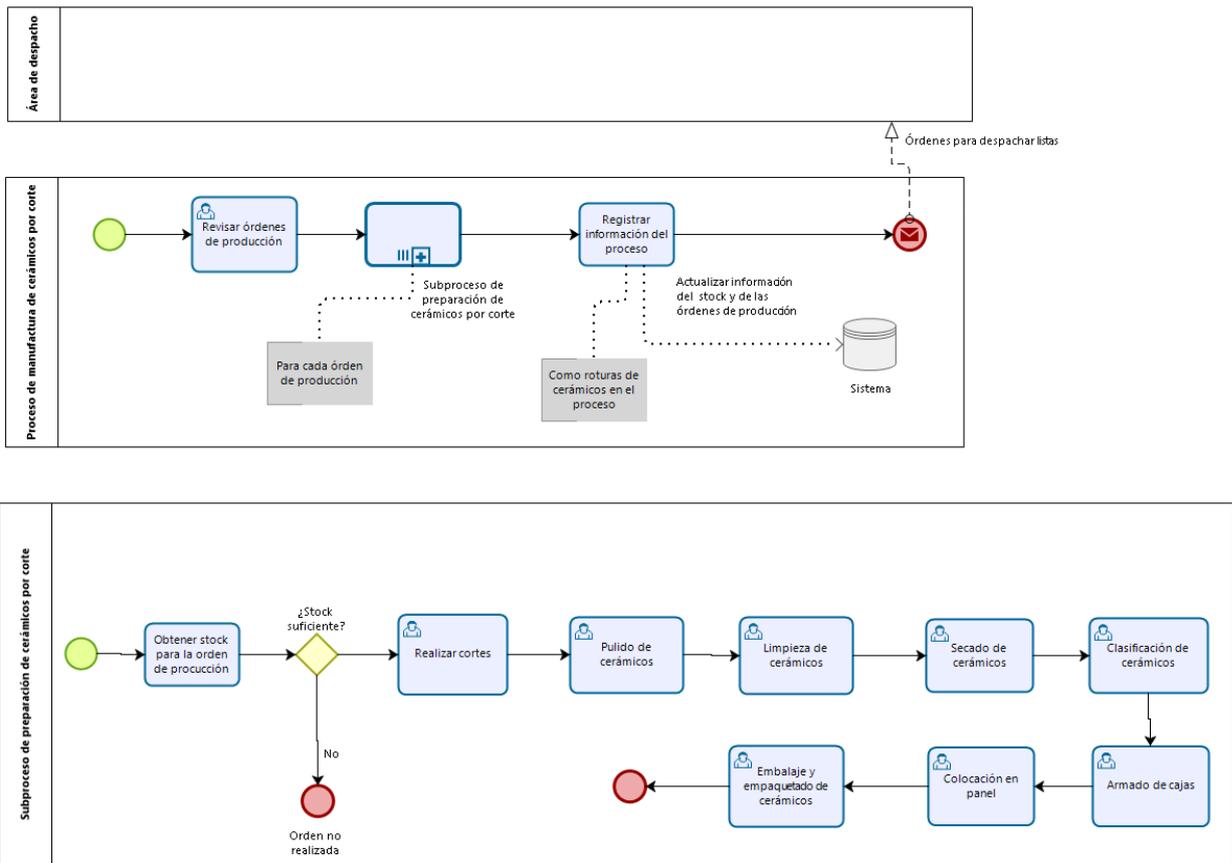
El proceso de planificación descrito previamente se encuentra:

Incorrecto Regular Correcto

De considerarlo necesario puede dejar un comentario:

Proceso de manufactura de cerámicos por corte y rectificado

Este proceso empieza con la revisión de las órdenes que se van a fabricar por parte de los operarios, luego pasa por un proceso de preparación de cerámicos por corte, el cual incluye la verificación del stock antes de empezar con la manufactura si es que se cuenta con el stock suficiente. Una vez verificado el stock se realizan los cortes en los cerámicos, luego se pulen los bordes y pasan por unas fases de limpiado, secado y clasificación. En esta última fase se verifica que los cerámicos se encuentren en buen estado, de presentar roturas estos son descartados. Además a lo largo de todo el proceso se encuentran dispuestos sensores donde constantemente se valida el estado de los cerámicos. Finalmente, luego de clasificar los cerámicos, se arman las casas, se colocan en paneles y se empaquetan los cerámicos.



De acuerdo a lo descrito y mostrado previamente, marque una alternativa de acuerdo a su juicio sobre el proceso de manufactura de cerámicos por corte y rectificado.

El proceso de manufactura de cerámicos por corte y rectificado descrito previamente se encuentra:

- Incorrecto Regular Correcto

De considerarlo necesario puede dejar un comentario:
