



Escola Politècnica Superior
d'Enginyeria de Vilanova i la Geltrú

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

TRABAJO FINAL DE GRADO

TÍTULO: AUTOMATIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE CUCHILLOS
CERÁMICOS

AUTOR: CERRO CABALLERO, SERGI

FECHA DE PRESENTACIÓN: 06/02/2024

RESUMEN

En el presente proyecto, se introduce de manera concisa la evolución de la automatización industrial a lo largo del tiempo. Se analizan los actuales tipos de automatización, además de comentar las ventajas y desventajas que supone la implementación de la automatización en un proceso de fabricación. Posteriormente, se detallan los antecedentes y se lleva a cabo un estudio de mercado, orientado a identificar las empresas que tengan la misma actividad en territorio nacional.

Seguidamente, se describen las características de la nave destinada al proceso de producción de cuchillos cerámicos. Una vez conocida las características de la nave, se procede con la explicación del proceso de fabricación no automatizado.

Se describe paso a paso el proceso productivo no automatizado. Posteriormente, se realiza una explicación detallada de las máquinas empleadas en el actual proceso productivo respaldada por esquemas que ilustran el flujo de producción, la organización de la nave y un esquema 3D. Además, se muestra el diagrama de Gantt correspondiente el cual proporciona datos temporales cruciales para la fabricación de cuchillos, acompañado de una serie de cálculos sobre consumo energético que permite determinar los costos y beneficios anuales.

En el apartado dedicado al proceso productivo automatizado, se aborda de igual manera los puntos expuestos en el anterior apartado sobre el proceso productivo no automatizado. Una vez obtenida y contrastada la información de ambos procesos productivos, se llevan a cabo las conclusiones y se comprueba si los objetivos del trabajo han sido cumplidos gracias a las mejoras aportadas.

El objetivo es determinar la viabilidad de implementar la automatización de manera efectiva en el proceso de fabricación de cuchillos cerámicos, con el propósito de aumentar la producción y reducir costos, fomentando así el desarrollo tecnológico implementado.

Como conclusión, se puede afirmar que el proceso productivo automatizado es viable. Esto se debe a que logra aumentar la producción gracias a la incorporación de maquinaria más eficiente. Además, al producir un número de cuchillos más elevado en comparación con el proceso no automatizado, se obtiene una mayor ganancia.

Por último, se dispone de un apartado destinado al impacto medioambiental en el que se detallan los aspectos que se han tenido en cuenta desde la compra de materia prima hasta la reforma eléctrica de la nave, con la finalidad de reducir la huella de carbono

Palabras clave:

Automatización industrial	Cuchillos cerámicos	Óxido de circonio	Proceso productivo
---------------------------	---------------------	-------------------	--------------------

ABSTRACT

This project concisely introduces the evolution of industrial automation over time. The current types of automation are analyzed, in addition to commenting on the advantages and disadvantages of implementing automation in a manufacturing process. Subsequently, the background is detailed, and a market study is carried out, aimed at identifying companies that have the same activity in national territory.

The characteristics of the industrial warehouse used for the production process of ceramic knives are described below. Once the characteristics of the industrial warehouse are known, we proceed to explain the non-automated manufacturing process.

The non-automated production process is described step by step. Subsequently, a detailed explanation of the machines used in the current production process is made, supported by diagrams that illustrate the production flow, the organization of the industrial warehouse and a 3D diagram. In addition, the corresponding Gantt chart is shown which provides crucial temporal data for knife manufacturing, accompanied by a series of calculations on energy consumption that allow annual costs and benefits to be determined.

In the section dedicated to the automated production process, the points presented in the previous section on the non-automated production process are similarly addressed. Once the information from both production processes has been obtained and contrasted, conclusions are drawn, and it is verified whether the objectives of the work have been met thanks to the improvements provided.

The objective is to determine the feasibility of implementing automation effectively in the manufacturing process of ceramic knives, with the purpose of increasing production and reducing costs, thus promoting the technological development implemented.

In conclusion, it can be stated that the automated production process is viable. This is because it manages to increase production with lower energy consumption, thanks to the incorporation of more efficient machinery. In addition, by producing a higher number of knives compared to the non-automated process, a greater profit is obtained.

Finally, there is a section dedicated to environmental impact, which details the aspects that have been taken into account, from the purchase of raw materials to the electrical renovation of the warehouse, with the aim of reducing the carbon footprint.

Keywords:

Industrial automation	Cuchillos cerámicos	Zirconium oxide	Productive process
-----------------------	---------------------	-----------------	--------------------

JUSTIFICACIÓN

Debido al gran avance que sufre la tecnología en los últimos años se crea la necesidad de realizar este proyecto con finalidad de minimizar los errores producidos por el humano y conseguir una mejor eficiencia y eficacia en la producción de cuchillos cerámicos. Además, como consecuencia, se obtiene un aumento del rendimiento de los recursos y una maximización de los mismos.

Otro de los puntos importantes de realización del estudio es el incremento de la seguridad laboral al adjudicar las funciones manuales a los procesos automatizados.

A nivel nacional, un dato importante es el hecho de que en España solo un 16% de las empresas ha implementado la automatización de forma global en el proceso, a raíz de este suceso se puede concluir que, en base a datos objetivos, existe una necesidad de seguir buscando y estudiando la forma de implementar la automatización.

Respecto al ámbito personal, también ha sido un aspecto importante a la hora de elegir y definir el proyecto, ya que, siempre he participado en funciones y tareas de carácter manual.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	6
2. OBJETIVOS	19
3. ANTECEDENTES	20
4. ESTUDIO DE MERCADO	21
5. NAVE.....	23
6. PROCESO PRODUCTIVO NO AUTOMATIZADO	25
6.1. Proceso productivo no automatizado	25
6.2. Maquinaria empleada	27
6.2.1. Prensa hidráulica	27
6.2.2. Horno industrial refractario	30
6.2.3. Amoladora de banco	31
6.2.4. Prensa manual.....	32
6.3. Esquemas	34
6.3.1. Esquema proceso productivo no automatizado	34
6.3.2. Esquema disposición nave	34
6.3.3. Esquema 3D del proceso productivo	35
6.4. Diagrama de Gantt proceso productivo no automatizado	35
6.5. Cálculos	37
6.5.1. Volumen caja almacenaje y número de cuchillos	37
6.5.2. Presión empleada en el prensado.....	38
6.5.3. Consumo energético, costes y beneficio.....	39
7. PROCESO PRODUCTIVO AUTOMATIZADO	43
7.1. Proceso productivo automatizado	43
7.2. Maquinaria empleada	45
7.2.1. Tolva de alimentación	45
7.2.2. Prensa hidráulica	47
7.2.3. Horno de vagoneta.....	54
7.2.4. Afiladora industrial.....	56
7.2.5. Prensa manual.....	56
7.2.6. Cintas transportadoras.....	57
7.2.7. Brazo robótico	60
7.2.8. Control IA	65
7.2.9. Empacadora.....	67
7.2.10. Control de calidad	68
7.3. Esquemas	69

7.3.1. Esquema proceso productivo automatizado	69
7.3.2. Esquema disposición nave	69
7.3.3. Esquema 3D.....	70
7.4. Diagrama de Gantt proceso productivo automatizado	70
7.5. Cálculos	73
7.5.1. Alimentación tolva	73
7.5.2. Prensa hidráulica	74
7.5.3. Consumo energético y beneficios	74
7.5.4. Amortización	77
8. Impacto medioambiental	80
9. Conclusiones.....	81
10. Agradecimientos	82
11. Bibliografía	83

ÍNDICE DE IMÁGENES

Imagen 1: Clepsidra o reloj de agua de Ctesibio.....	6
Imagen 2: Camarero automático de Filón de Bizcaino.	7
Imagen 3: Aelópila – turbina de vapor de Herón de Alejandría.....	7
Imagen 4: Gallo de Estrasburgo.	8
Imagen 5: Pato mecánico de Jacques de Vaucanson.....	8
Imagen 6: Máquina de telar de Jacquard.....	9
Imagen 7: Regulador centrífugo de James Watt.....	10
Imagen 8: Máquina analítica de Charles Babbage.....	11
Imagen 9: Pianola de Henri Fourneaux.....	11
Imagen 10: Transbordador, dirigible, telekino y ajedrecista de Leonardo Torres Quevedo. .	12
Imagen 11: Trabajos compartidos entre un humano y un cobot.	15
Imagen 12: Vista en alzado de la nave.....	24
Imagen 13: Imagen real de la nave.....	24
Imagen 14: Diseño 3D de la prensa hidráulica.....	27
Imagen 15: Detalle molde con forma de cuchillo.....	28
Imagen 16: Detalle pistón con forma de cuchillo.....	28
Imagen 17: Pulsador de doble mano.....	28
Imagen 18: Relé o temporizador industrial.....	29
Imagen 19: Manómetro Bourdon.....	29
Imagen 20: Diseño 3D del horno industrial refractario.....	30
Imagen 21: Relé Schneider 300 horas.....	31
Imagen 22: Diseño 3D de la amoladora de banco.....	32
Imagen 23: Diseño 3D de la prensa manual.....	33
Imagen 24: Representación esquema proceso no automatizado.....	34
Imagen 25: Representación esquema disposición nave proceso no automatizado.....	34
Imagen 26: Representación esquema 3D proceso no automatizado.....	35
Imagen 27: Tiempos estimados de cada operación en el proceso no automatizado.....	36
Imagen 28: Diagrama de Gantt del proceso productivo no automatizado.....	36
Imagen 29: Tolva de alimentación.....	45
Imagen 30: Detalle exterior sensor capacitivo en tolva de alimentación.....	46
Imagen 31: Detalle interior sensor capacitivo en tolva de alimentación.....	46
Imagen 32: Detalle sensor capacitivo empleado.....	46
Imagen 33: Prensa hidráulica.....	48
Imagen 34: Detalle molde inferior.....	48
Imagen 35: Detalle molde superior.....	49

Imagen 36: Embudo.	49
Imagen 37: Detalle embudo vista aérea.	50
Imagen 38: Detalle embudo vista sección.	51
Imagen 39: Prensa hidráulica con embudo instalado.	52
Imagen 40: Sistema de apertura y cierre en tubo de llenado.	52
Imagen 41: Parte final tubo de llenado.	53
Imagen 42: Detalle parte final tubo de llenado vista sección.	53
Imagen 43: Detalle parte final tubo en prensa hidráulica.	54
Imagen 44: Horno vagoneta.	55
Imagen 45: Afiladora industrial.	56
Imagen 46: Cinta transportadora.	57
Imagen 47: Detalle sensor capacitivo en cinta transportadora.	57
Imagen 48: Ubicación cintas transportadoras.	58
Imagen 49: Detalle cinta transportadora E vista perfil.	58
Imagen 50: Detalle cinta transportadora E vista alzado.	58
Imagen 51: Detalle cinta modular.	59
Imagen 52: Brazo robótico.	61
Imagen 53: Cabezal brazo robótico tipo A.	61
Imagen 54: Detalle cabezal brazo robótico tipo A.	62
Imagen 55: Cabezal brazo robótico tipo B.	62
Imagen 56: Detalle cabezal brazo robótico tipo B.	63
Imagen 57: Cabezal brazo robótico tipo C.	63
Imagen 58: Detalle cabezal brazo robótico tipo C.	64
Imagen 59: Mesa de cristal con cámaras 2D.	65
Imagen 60: Cámaras 2D.	66
Imagen 61: Empacadora industrial automática.	67
Imagen 62: Representación esquema proceso automatizado.	69
Imagen 63: Representación esquema disposición nave proceso automatizado.	69
Imagen 64: Representación esquema 3D proceso automatizado.	70
Imagen 65: Tiempos estimados de cada operación del proceso automatizado.	71
Imagen 66: Diagrama de Gantt del proceso productivo automatizado.	72
Imagen 67: Resumen costes de ambos procesos.	77

1. INTRODUCCIÓN

Desde hace mucho tiempo el hombre ha intentado constantemente reemplazar el esfuerzo humano por máquinas y sistemas de control. A continuación, se detalla los avances más automatizados de cada época.

- Época antigua:
 - La primera evidencia de automatización se encuentra en los sistemas de regadío en Babilonia, sobre el 2000 a.C. En el siglo III a.C. Ctesibio (ingeniero hidráulico y matemático griego de Alejandría) mejoró la clepsidra o reloj de agua mediante un regulador de flotación, añadiendo una boya con una estatua muy pequeña, que, al subir de nivel, marcaba la hora que era. Además, el torno donde aparecía la hora que era giraba a diferente velocidad en función de la época del año. Más adelante, Platón, adaptó la clepsidra o reloj de agua para ser el primer despertador. (1)

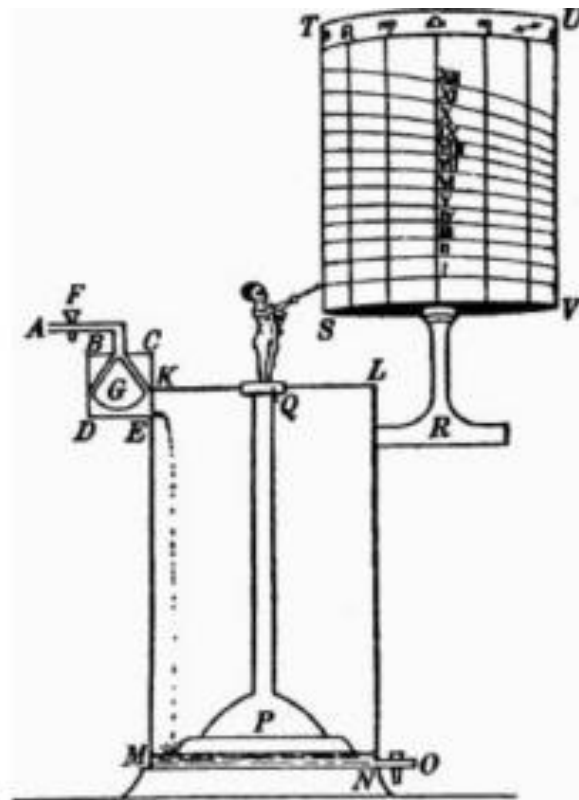


Imagen 1: Clepsidra o reloj de agua de Ctesibio.

- Filón de Bizancio diseño y creo un camarero automático que cuando le ponías un vaso en la mano te servía de la jarra de su otra mano. (1)



Imagen 2: Camarero automático de Filón de Bizancio.

- Herón de Alejandría inventó la aelópila (primera turbina de vapor). La aelópila estaba constituida por una esfera llena de aire con dos tubos curvos a sus extremos que expulsaban el vapor y gracias a esto conseguía girar la esfera. Con el movimiento de la esfera y con una serie de poleas y correas se consiguió abrir la puerta de los templos de forma automatizada. (1)

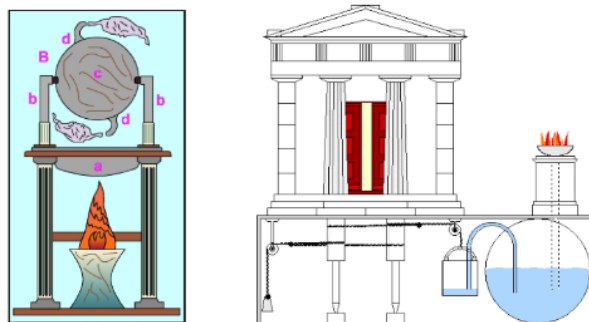


Imagen 3: Aelópila – turbina de vapor de Herón de Alejandría.

- Edad media:

- En 1352 se construye el gallo de Estrasburgo. Gallo que cantaba las horas de moviendo el pico y las alas de forma automática. (1)

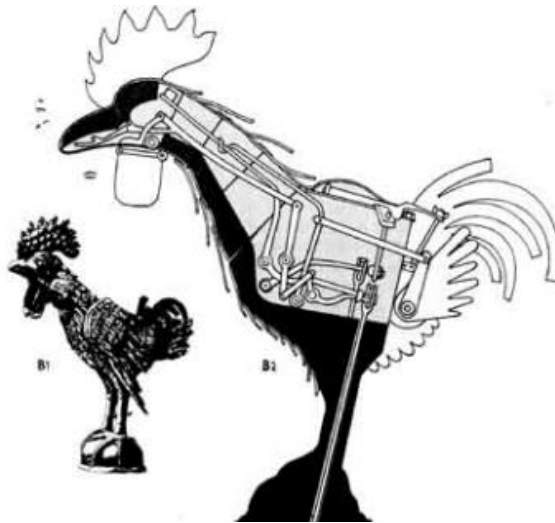


Imagen 4: Gallo de Estrasburgo.

- Edad moderna:

- En el siglo XVIII Jacques de Vaucanson construyó un pato mecánico que llamó la atención de toda Europa. El pato podía alargar su cuello para comer. Podía beber, chapotear y emitir el ruido de un pato de verdad. Los alimentos los digería por disolución y se conducía por unos tubos hacia el ano, por donde evacuaba el alimento. También construyó varios muñecos animados como por ejemplo un flautista capaz de tocar melodías. (1)

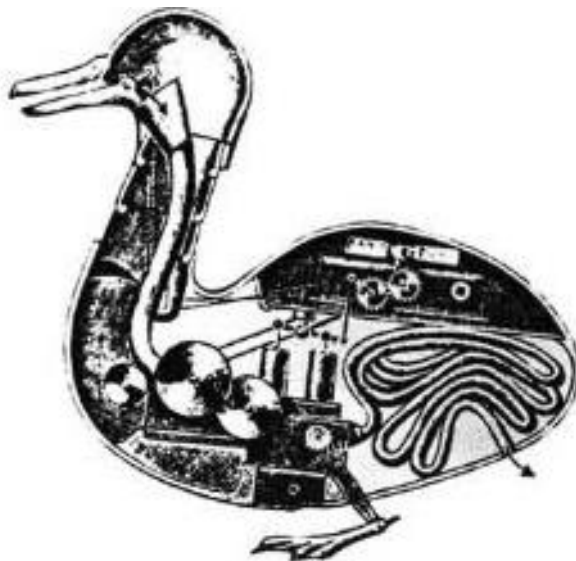


Imagen 5: Pato mecánico de Jacques de Vaucanson.

- Un ejemplo adicional de un dispositivo automatizado de la era moderna es la máquina de tela de Jacquard. Al seleccionar un conjunto de tarjetas, se determinaba el tipo de tejido que se quería producir. Este telar es considerado uno de los primeros antecedentes históricos de las máquinas de control numérico. (1)

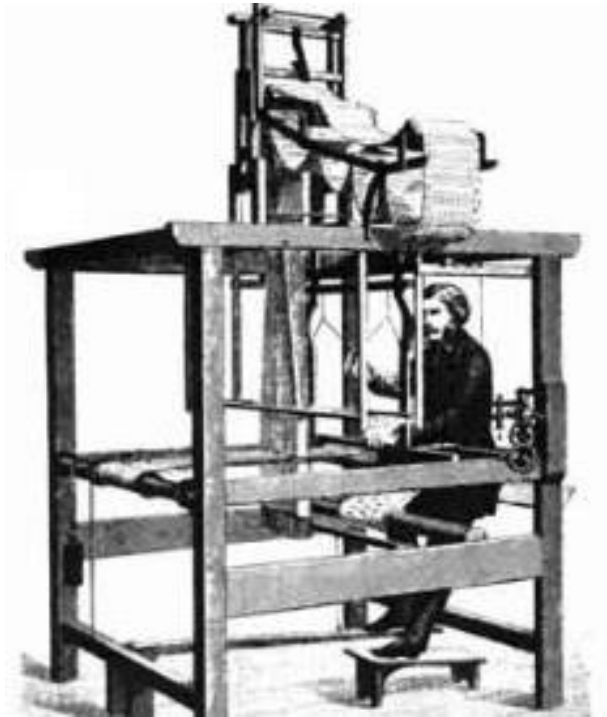


Imagen 6: Máquina de telar de Jacquard.

- A finales del siglo XVIII comienzan a despuntar los dispositivos de control automático como el regulador centrífugo de James Watt. El regulador proporcionaba una acción de control sobre la velocidad en las máquinas de vapor. (1)



Imagen 7: Regulador centrífugo de James Watt.

- Edad contemporánea:

- Charles Babbage en 1835 sacó a la luz su máquina analítica, máquina precursora del ordenador. La máquina debía funcionar con un motor a vapor. Para la entrada de datos y programas había pensado utilizar tarjeta perforada. La salida debía producirse por una impresora, un equipo de dibujo y una campana. La máquina no llegó a funcionar públicamente debido a los problemas de resistencia de los materiales de la época. (1)



Imagen 8: Máquina analítica de Charles Babbage.

- En 1863, Henri Fourneaux inventó la pianola. La pianola era un piano que reproducía de forma automática las notas escritas en un rollo perforado (sin necesidad de pianistas), usando dispositivos neumáticos. (1)



Imagen 9: Pianola de Henri Fourneaux.

- Leonardo Torres Quevedo fue un inventor español del siglo XIX y principios del XX. Podemos destacar numerosos inventos como el transbordador, un dirigible, el Telekino y el ajedrecista. En 1887 construyó el primer transbordador para salvar un desnivel de unos 40 metros con una longitud de 200 metros. En 1902 presentó un dirigible que solucionaba el problema de la suspensión de la barquilla al incluir un armazón interior de cables flexibles que dotaban de rigidez al dirigible por efecto de la presión que había en el interior. Un año después, sacó a la luz el Telekino, un autómatata que ejecutaba órdenes transmitidas mediante ondas hertzianas (ondas electromagnéticas, cuya frecuencia se fija convencionalmente por debajo de 3000 GHz, que se propagan por el espacio sin guía artificial. En 1914 invento el ajedrecista, considerado para muchos como el primer videojuego de la historia. Esto era posible gracias a unos electroimanes ubicados en la parte inferior del tablero. No jugaba de forma muy precisa y no siempre llegaba al mate con los menos movimientos posibles, pero a causa del algoritmo que llevaba implantado conseguía ganar todas las partidas. (1)



Imagen 10: Transbordador, dirigible, telekino y ajedrecista de Leonardo Torres Quevedo.

- La empresa americana Ford Motor Company introdujo en 1913 una línea de ensamblaje de producción de automóviles que se considera la automatización pionera en la industria de la manufactura. Debido a esto, la productividad en las fábricas se vio aumentada considerablemente. En esta época se introdujeron controladores de retroalimentación, un temporizador eléctrico de alta precisión y relés de protección.

- En 1946 aparece el primer ordenador electrónico ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator). Este ordenador tenía un consumo de 175.000 W de potencia.
- En 1960 aparecen por primera vez los autómatas programables y en 1968 sale a la luz el primer Controlador Lógico Programable (PLC). Así se dio paso a la automatización de procesos electromecánicos propios de las líneas de montajes.
- En 1990 comienzan a montarse las fábricas totalmente automatizadas. (1)

La automatización consiste en usar la tecnología para realizar tareas con muy poca intervención humana. Se puede implementar en cualquier sector, aunque los más comunes son lo relacionado con lo industrial. El concepto de automatización industrial está enfocado en controlar mediante sistema electromecánicos los diversos procesos industriales, para ello es necesario incorporar elementos y dispositivos tecnológicos que aseguren tener un control específico sobre los procesos y sus comportamientos. (2,3)

La automatización se diferencia en 5 grandes grupos: automatización fija, programable, flexible, cognitiva y colaborativa.

- Automatización fija: este tipo de automatización está diseñado para realizar un conjunto específico de tareas o actividades y enfocada a la fabricación en grandes volúmenes de un producto durante un periodo de tiempo largo, es decir, se utiliza para la producción en masa de un producto o varios productos similares o con un proceso productivo similar. Se ha de mantener un tiempo largo ya que este tipo de automatización no puede sufrir ningún tipo de cambio en su programación. Se trata del sistema más económico y al mismo tiempo, es muy efectivo. Este tipo de automatización suele estar presentes en industrias de fabricación de bebidas, lácteos, envasado de un mismo producto, etc. (4)
- Automatización programable: la automatización programable permite la producción de una gran variedad de productos con diferentes características, también permite realizar productos de las mismas características por lote. Las máquinas tienen la capacidad para reprogramarse sin ningún problema y producir diferentes productos, por este motivo, las industrias que utilicen este tipo de automatización tienen la capacidad de adaptarse a las necesidades del momento. Es el tipo de automatización más rentable a largo plazo.

Los robots industriales son un claro ejemplo de automatización programable, ya que, modificando su programación, podemos conseguir nuevas acciones o movimientos. (4)

- Automatización flexible: dicha automatización utiliza máquinas que son controladas por ordenadores. Estos ordenadores se pueden reprogramar fácilmente para fabricar diferentes productos o realizar diferentes actividades. Es la combinación de las dos automatizaciones anteriores, la fija junto con la programable. La gran ventaja de esta automatización es que los cambios de producto se comunican a través del sistema de control y ocurren de forma rápida y automática, lo que reduce el tiempo necesario para cambiar el equipo entre lotes. Las máquinas de control numérico computarizado, más conocidas como máquinas de CNC son un ejemplo de este tipo de automatización. (4)

- Automatización cognitiva: este tipo de automatización utiliza inteligencia artificial “IA” y aprendizaje automático para automatizar tareas que requieren habilidades para la toma de decisiones y la resolución de problemas. Utiliza varios algoritmos y métodos tecnológicos, como procesamiento natural del lenguaje, análisis de texto y minería de datos y aprendizaje automático mencionado anteriormente. La automatización cognitiva aumenta la eficiencia y al mismo tiempo mejora la calidad de los procesos de negocio. A medida que las organizaciones ven la automatización cognitiva como la piedra angular de su estrategia comercial y transformación digital, tienen más oportunidades de utilizar herramientas de análisis mucho más avanzadas. Un claro ejemplo es un almacén que gracias a esta automatización es capaz de gestionar la logística y stock de dicho almacén gracias a la capacidad lectora de datos no estructurados. (5)

- Automatización colaborativa: la automatización colaborativa involucra a humanos que cooperan con robots para realizar tareas que requieren tanto habilidad humana como precisión mecánica sin necesidad de utilizar sistemas de seguridad tradicionales. Suele incorporar sistemas avanzados de control de fuerza con el objetivo de evitar los obstáculos. Los robots empleados en este tipo de automatización son conocidos como cobots. Los cobots presentan muchas ventajas gracias a su versatilidad. Las ventajas principales son: fácil programación, conexión e instalación, multifuncionalidad y flexibilidad, efecto positivo en los empleados puesto que dichos cobots están pensados para trabajar con humanos no para substituirlos, mayor productividad y optimización

de procesos, bajo coste de integración, seguridad. Existen 4 tipos de trabajo compartido entre un humano y un cobot como es la coexistencia, la cooperación, la colaboración y la no interacción. (6,7)



Imagen 11: Trabajos compartidos entre un humano y un cobot.

Dentro de estos tipos también podemos dividir la automatización en familias más específicas como puede ser la automatización mecánica, la industrial, la informática, de máquinas, etc.

La automatización mecánica es un tipo de automatización donde se transfieren tareas de producción, realizadas por operarios a un conjunto de elementos tecnológicos y mecánicos, por sistema automatizados con partes de mando y partes operativas. Y la automatización de máquinas está definida como el proceso donde se transfieren diversas tareas de producción, realizadas por operarios hacia un conjunto de elementos de forma tecnológica. (3)

Las ventajas principales de la automatización industrial son las detalladas a continuación:

1. Eliminación de errores humanos: Desaparece el error humano ya que las tareas están programadas y automatizadas. Esto es posible debido a la mínima participación humana, hecho que garantiza la calidad y consistencia del producto durante todo el proceso de producción. Además, los resultados se optimizan. (8,9)

2. Sin fallas en los productos: El proceso productivo se lleva a cabo sin cambios ni fallas. Cuando las fábricas y procesos industriales son automatizados la producción mejora significativamente. La producción en masa está aumentando y a su vez se está mejorando la calidad final del producto y las empresas tienen la posibilidad de trabajar durante todo el día sin necesidad de paro. (8,9)
3. Mayor precisión y calidad: La automatización reduce las posibilidades de error humano e inconsistencia, lo que da como resultado productos de mejor calidad. (8,9)
4. Ahorro de costes operativos: un proceso productivo automatizado necesita menos personal para producir. Teniendo en cuenta este aspecto y que, una vez automatizado el proceso, la producción aumenta los costos operativos disminuyen considerablemente generando un margen de ganancias mayor. (8,9)
5. Producción flexible: la automatización permite adaptar el producto a las necesidades de cada empresa y también realizar tareas que de manera manual son imposibles o muy complejas. Se puede cubrir diversos tipos de demandas sin afectar los ingresos. (8,9)
6. Mejora del flujo de datos, tiempo de reacción y toma de decisiones: la comunicación de red es mejor por lo que la toma de decisiones frente a cambios imprevistos en la producción es mejor también. Gracias a la automatización industrial, los dispositivos pueden funcionar independientemente unos de los otros sin intervención humana. Además, debido a que se puede recopilar y analizar datos a tiempo real es posible una mejora continua. (8,9)
7. Maximizar tiempos de operación: la integración de diferentes procesos de producción con equipos automatizados acorta el tiempo de trabajo y reduce la necesidad de mano de obra (menos personal trabajando). (7,8)
8. Mayor seguridad para los trabajadores: Los robots y máquinas automatizadas se utilizan en posiciones donde una persona humana corre el riesgo de sufrir un accidente laboral, ya sea por la complejidad del trabajo o por la repetitividad de este, por lo que los accidentes laborales son prácticamente nulos en líneas de producción completamente automatizadas. (8,9)

9. Flexibilidad en los procesos productivos: la automatización se puede reprogramar fácilmente para fabricar diferentes productos o realizar distintas tareas, proporcionando una mayor flexibilidad en el proceso de producción. (8,9)
10. Ventaja competitiva: gracias a la automatización es posible aumentar la competencia en el mercado porque los productos son de mejor calidad y se puede producir más y llegar a más clientes. Todo esto supone más beneficio para la empresa y para los clientes, donde continuamente dispondrán de productos de mayor calidad. (8,9)

Las desventajas que podemos encontrar sobre la automatización industrial son:

- 1- Elevado costo: el hecho de automatizar una máquina o un proceso productivo suele ser bastante caro debido a la tecnología incorporada de la actualidad. El costo incluye desde la preparación y programación de la máquina hasta el costo de operar y mantener la máquina correctamente. El personal por lo general debe realizar el mantenimiento programado y esto genera un costo adicional. (8,9)
- 2- Mano de obra cualificada: debido a que tanto el proceso de implementación como las máquinas automatizadas son más complejas de programar y/o arreglar se necesita trabajadores cualificados para poder realizar todas estas operaciones. A la vez que aumenta la complejidad de la automatización, aumenta la necesidad de personal cualificado. El personal por lo general debe realizar el mantenimiento programado y esto genera un costo adicional. (8,9)
- 3- Obsolescencia: Debido a que la tecnología avanza a gran velocidad, las máquinas se ven en la necesidad de avanzar también puesto que si no lo hacen corren el riesgo a quedarse obsoletas antes de lo previsto. Es por esto por lo que los responsables han de estar al tanto de cualquier posible mejora tecnológica que pueda realizar. Las actualizaciones o los reemplazos son elevados y llevan mucho tiempo. (8,9)
- 4- Ausencia de trabajadores: es probablemente la desventaja principal de la automatización industrial. La automatización es directamente responsable de que muchos trabajadores se vean obligados a rescindir de su puesto de trabajo. Esto significa que las máquinas están desplazando a los humanos, poniendo en riesgo a los

trabajadores y sus familias. La automatización industrial supone aumentar la tasa de desempleo en cuanto a operarios. (8,9)

- 5- Alta inversión inicial: Implementar la automatización tiene un coste elevado. Esto concluye en el costo de compra e instalación de equipos, así como el costo de capacitación del personal para operar y mantener el sistema. Los trabajadores responsables de mantener el sistema se ven obligados a tomar cursos que les permita aprender e interactuar con el sistema frente al avance tecnológico. (8,9)

En mi proyecto me centrare en la automatización fija y de máquina de una línea de producción de cuchillos cerámicos.

2. OBJETIVOS

En este apartado se presentan los objetivos principales del proyecto, detallando cada uno de ellos. En respuesta a la carencia de cuchillos cerámicos en el mercado, el objetivo es desarrollar e implementar la automatización de una línea de producción alineada con las tecnologías actuales. Esto implica seleccionar e integrar sistemas automatizados eficientes y económicamente viables para la fabricación de cuchillos cerámicos, con el propósito de aumentar la producción en comparación con el proceso productivo no automatizado. Para alcanzar este objetivo, se requiere mejorar la eficiencia de las máquinas, eliminar las operaciones repetitivas y los cuellos de botella.

Además, la automatización busca elevar los estándares de calidad de los cuchillos cerámicos mediante procesos controlados y la incorporación de un equipo especializado en calidad.

Finalmente, se pretende determinar el tiempo necesario para recuperar la inversión realizada en la automatización del proceso productivo, tras comparar ambas modalidades de producción.

3. ANTECEDENTES

En este apartado se pone en contexto las empresas pioneras en implementar la automatización en sus procesos productivos.

Empezando por la primera revolución industrial donde se destaca la máquina de vapor de James Watt como herramienta importante. Seguidamente, en la segunda revolución industrial, ocurrida entre los años 1870 y 1914, donde resaltaron las nuevas fuentes de energía como el gas o la electricidad. Sin embargo, la verdadera revolución de la automatización se produce durante el siglo XX, donde realmente se ve un gran avance en la sociedad. seguidamente con Henry Ford donde implementó líneas de ensamblaje automatizadas en la fabricación de automóviles.

Finalmente, la cuarta revolución, todavía en marcha, donde se reflejan los avances digitales tales como la inteligencia artificial o la robótica.

A nivel nacional, es bastante complicado conocer con exactitud cual fue o fueron las empresas pioneras en implementar la automatización en sus líneas de producción. En España, se considera el gran salto con la llegada de SIMATIC perteneciente a la empresa SIEMENS, un controlador con función de ofrecer una respuesta a máquinas en serie y de arquitectura distribuida. (10,11)

La empresa española SEAT fue pionera en la implementación de la automatización en sus líneas de producción a partir de la década de 1970, dicha empresa instaló un sistema de robots en su fábrica de Martorell en 1976, lo que le permitió aumentar la eficiencia en la producción de vehículos.

4. ESTUDIO DE MERCADO

El objetivo del estudio no está destinado a crear una empresa de fabricación de cuchillos cerámicos, sino, en la posible o no viabilidad de automatizar el proceso, debido a esto, no es imprescindible realizar un estudio de mercado tan denso y exhaustivo. De todas formas, puede ser interesante saber cuáles son las diversas empresas que fabrican el producto para poder estudiar y conocer las amenazas y oportunidades del entorno.

Las empresas más famosas de fabricación de cuchillos cerámicos son:

QUTTIN

Gran empresa, fundada en Albacete en 1992 (lugar más famoso de España en cuanto a la fabricación de cuchillos). Fabrica cuchillos tanto para uso doméstico como profesional. La empresa ha ido creciendo a lo largo de su historia no solo por territorio nacional, sino que ha logrado expandirse internacionalmente. Todos sus diseños son diseñados por AutoCAD, analizando al detalle cada una de sus curvas para mejorar la ergonomía, calidez y la practicidad. (12)

Si bien es cierto que es una empresa muy conocida a nivel nacional por la fabricación de cuchillos de acero inoxidable, también es cierto que hay escasez en cuanto a la fabricación de cuchillos cerámicos. Disponen de una gran variedad de cuchillos, pero solo 3 son 100% cerámicos y 8 cuchillos de acero inoxidable recubiertos de una capa cerámica antiadherente.

KYOCERA ESPAÑA

Kyocera fue fundada en Kyoto (Japón) en 1959 por Kazuo Inamori y siete amigos suyos. Todos ellos tenían la misma visión, fabricar y comercializar productos de alta calidad hechos con materiales y componentes avanzados. Fabrican todo tipo de objetos como cuchillos cerámicos, móviles, impresoras, paneles solares, etc. (13)

Centrándonos en la fabricación de cuchillos cerámicos, Kyocera es líder mundial en la fabricación de cuchillos cerámicos y tiene una gran reputación en todo el mundo gracias a la alta calidad y durabilidad de sus cuchillos. Sus cuchillos están fabricados con materiales avanzados como el óxido de circonio, que proporciona gran dureza y resistencia al desgaste. Dispone de una gran variedad de cuchillos dependiendo de su uso.

Kyocera se encuentra ubicada en todos los continentes del mundo. Actualmente cuenta con filiales y oficinas en más de 30 países, como pueden ser, Alemania, Francia, Italia, Estados Unidos, Singapur, España, entre otros. Dispone de más de 40 plantas de producción y más de 100 filiales y unos 44 mil empleados.

Automatización de una línea de producción de cuchillos cerámicos
Cerro Caballero, Sergi

Sin duda algún es una gran empresa de fabricación de cuchillos de la cual se pueden obtener muchos datos en cuanto a la automatización del proceso de producción de cuchillos cerámicos.

En concreto en España no dispone de ninguna fábrica de cuchillos. Toda la producción de cuchillos la realizan desde Japón y luego exportan a los diferentes países. (13)

5. NAVE

La elección de una nave industrial se fundamenta en su capacidad para albergar y transportar todos los recursos necesarios para poder llevar a cabo las tareas de fabricación.

Las dimensiones de la nave son las siguientes: 50 metros de largo, 20 metros de ancho y 15 metros de altura. Teniendo en cuenta que se trata de un proceso productivo de tamaño mediano, estas dimensiones proporcionan un espacio adecuado para llevar a cabo las operaciones requeridas de manera eficiente y segura.

La longitud de 50 metros ofrece suficiente espacio para ubicar las máquinas de manera organizada, permitiendo una distribución óptima y un flujo de trabajo fluido. Asimismo, los 20 metros de ancho proporcionan un espacio adecuado para permitir el movimiento y la manipulación de las máquinas, así como para el desplazamiento del operario involucrado en el proceso.

La altura de 15 metros resulta beneficiosa en términos de ventilación y circulación del aire dentro de la nave industrial. Gracias a esta altura, la nave cuenta con dos plantas, siendo la segunda planta ubicada a 8 metros de altura. No obstante, esta segunda planta no ocupa la misma superficie que la planta baja; ocupa la mitad de la misma. Este espacio es suficiente para albergar el departamento de administración y el departamento financiero.

Es importante destacar que, al tratarse de un proceso productivo de tamaño mediano, no se requiere una nave industrial de grandes dimensiones. La elección de una nave con estas dimensiones específicas permite maximizar el uso del espacio de manera eficiente y garantizar un entorno de trabajo seguro y cómodo para el personal involucrado en el proceso.

En resumen, la selección de una nave industrial con dimensiones de 50 metros de largo, 20 metros de ancho y 15 metros de altura se justifica en base a las necesidades específicas del proceso productivo y el número limitado de máquinas empleadas. Estas dimensiones proporcionan un entorno de trabajo adecuado y eficiente, permitiendo la organización óptima de las máquinas, un flujo de trabajo fluido y la utilización óptima del espacio disponible.

Automatización de una línea de producción de cuchillos cerámicos
Cerro Caballero, Sergi



Imagen 12: Vista en alzado de la nave.



Imagen 13: Imagen real de la nave.

6. PROCESO PRODUCTIVO NO AUTOMATIZADO

6.1. Proceso productivo no automatizado

A continuación, se detalla minuciosamente el proceso productivo no automatizado de fabricación de cuchillos cerámicos. La materia prima utilizada en la fabricación de los cuchillos cerámicos es el óxido de circonio o zirconio, debido a su valor de dureza en la escala de Mohs de 6 a 7,5 y su tenacidad es similar a la del diamante.

El zirconio empleado para la fabricación de los cuchillos cerámicos es nanométrico y está estabilizado con óxido de itrio. Disponer del zirconio en este estado, es imprescindible para obtener el producto final en el menor tiempo posible y garantizando propiedades mecánicas de calidad. Al disponer de la materia prima en forma nanométrica, se logra reducir el tiempo de calentamiento de 48 horas a 24 horas. Además, al estar estabilizado con óxido de itrio, se evita cualquier cambio de fase durante el enfriamiento y se obtiene una estructura tetragonal que proporciona mejores características mecánicas en comparación con la estructura monofásica. Gracias a esta estabilización, también se puede realizar un enfriamiento rápido al aire. (14)¹

La materia prima es suministrada en paquetes de 25 kg por SAT nano Technology Material Co, un proveedor chino de nanopartículas cerámicas de alta calidad. Una vez recibido, el zirconio se almacena hasta su uso. A lo largo del proceso productivo, solo interviene un operario.

En primer lugar, se coloca el zirconio en una caja de almacenaje móvil con una capacidad de 190 litros (equivalente a 7,5 paquetes de 25 kg) para transportar la materia prima a la zona de prensado. Una vez allí, el operario llena el molde ubicado en la base de la prensa para prensar el material y obtener la forma del cuerpo del cuchillo. Antes de llenar el molde, es necesario lubricar tanto el molde como el pistón con forma de cuchillo con aceite, para evitar cualquier defecto al extraer el cuchillo una vez realizado el prensado.

Para llevar a cabo el prensado, el operario debe mantener pulsados simultáneamente por seguridad dos pulsadores. Esto permite prensar el zirconio con una fuerza de presión de 2943 kN sobre una superficie de 47 cm², generando una presión de 0,6 GPa. El prensado se realiza durante 5 segundos. La prensa cuenta con un manómetro de presión para que el operario pueda verificar la presión correcta en todo momento en el circuito hidráulico y garantizar así la fuerza de prensado adecuada. También dispone de un relé o temporizador industrial que, después de

¹ Anexo A

8 segundos de pulsación, emite un pitido. Estos 8 segundos incluyen 3 segundos para que el pistón salga y 5 segundos de prensado. De esta manera, el operario sabe cuándo dejar de ejercer presión, es decir, cuándo dejar de pulsar los pulsadores.

El molde del cuchillo tiene una altura de 10 cm, y tras el prensado, el cuchillo adquiere una altura de 1,0 cm. El mismo operario se encarga de extraer cuidadosamente los cuchillos obtenidos después del proceso de prensado y los coloca en un carro porta bandejas. El carro tiene capacidad para 20 bandejas de 120 x 70 cm, y cada bandeja puede contener 3 columnas de 5 cuchillos, lo que permite almacenar un total de 300 cuchillos en cada carro. Una vez que el carro está completo, se lleva a la zona del horno industrial refractario, donde los cuchillos se calientan en dos hornos. Estos hornos alcanzan una temperatura máxima de 1650 °C, aunque no es necesario alcanzar dicha temperatura, ya que los cuchillos se calientan a 1400 °C. Los cuchillos se colocan en bandejas con agujeros hechas de cerámica refractaria de 90 x 60 cm, que son capaces de soportar las temperaturas mencionadas y repartir el calor equitativamente a todas las piezas. Se disponen los cuchillos en las bandejas del carro de la misma manera, es decir, se organizan en 3 columnas de 5 cuchillos. La altura total de estos 5 cuchillos apilados es de 5,0 cm. Cada horno tiene capacidad para 7 bandejas, por lo que, en una misma tanda, el horno puede calentar 105 cuchillos. El proceso de calentamiento se lleva a cabo durante 24 horas a 1400 °C, ya que esa temperatura y tiempo son necesarios para obtener la dureza óptima de trabajo. Durante esta operación, los cuchillos pasan de ser compactados y frágiles a tener una alta dureza, lo que resulta en una hoja dura e irrompible gracias a la alta calidad de la materia prima.

Al finalizar el calentamiento, el grosor del cuerpo del cuchillo se reduce en 0,5 cm, obteniendo un grosor final de 0,5 cm. Después de las 24 horas, se extraen las bandejas refractarias y se colocan en la zona de enfriamiento, donde los cuchillos se enfrían durante 2 horas a temperatura ambiente. El enfriamiento rápido es posible gracias al estabilizador de óxido de itrio, presente en la materia prima. Una vez que los cuchillos están enfriados y listos para ser trabajados, se procede a afilarlos utilizando una amoladora de banco revestida de diamante. Esta operación, conocida como biselado, es crucial para lograr un afilado perfecto. Los operarios afilan las hojas sin seguir ningún patrón específico, sino que se guían por su amplia experiencia e intuición.

Una vez que los cuchillos están afilados, se ensambla el mango o espiga de plástico a la hoja del cuchillo utilizando una prensa manual. En el interior del mango se aplica un pegamento de alta calidad para garantizar el ensamblaje. Una vez ensamblados, los cuchillos se empaquetan para su posterior venta. Se colocan en cajas de cartón con capacidad para 20 cuchillos.

6.2. Maquinaria empleada

En este apartado se detalla la maquinaria empleada durante el proceso productivo no automatizado con el objetivo de conocer detalladamente cada una de la maquinaria empleada y su funcionamiento. Para cada maquina se detallan una serie de características.

6.2.1. Prensa hidráulica

Prensa hidráulica de 300 toneladas de 3,5 metros de alto y 2,5 metros de ancho. La prensa hidráulica dispone de un cuadro eléctrico desde donde se controlan todos los movimientos de la máquina, incluido el encendido y apagado de la misma. Por seguridad para poder utilizar la máquina es necesario que el operario pulse simultáneamente dos pulsadores con la finalidad de tener durante la salida del pistón las dos manos ocupadas, minimizando el riesgo de producirse un accidente laboral. La operación de prensado dura un total de 8 segundos desde que el operario pulsa simultáneamente los dos pulsadores, 3 segundos de bajada del pistón y 5 segundos ejerciendo el prensado. Los 8 segundos se controlan a través de un relé que transcurrido el tiempo emite un sonido. De este modo el operario es conocedor de cuando dejar de pulsar los pulsadores. La prensa también dispone de un manómetro para verificar que durante el proceso de prensado se está ejerciendo la fuerza necesaria.

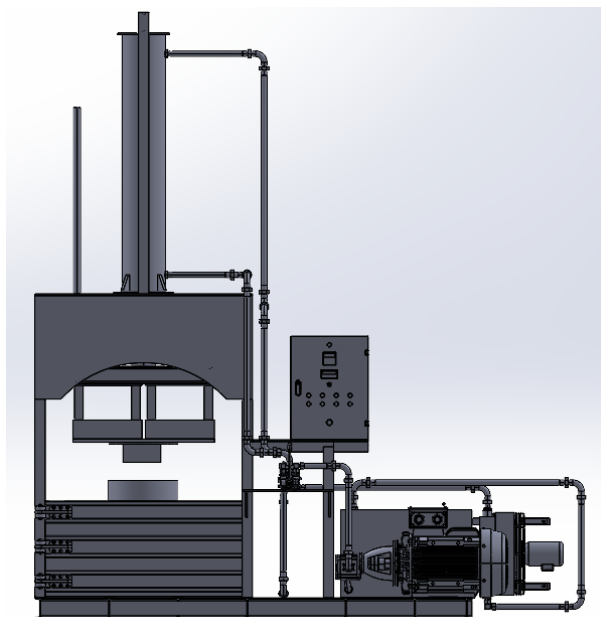


Imagen 14: Diseño 3D de la prensa hidráulica.

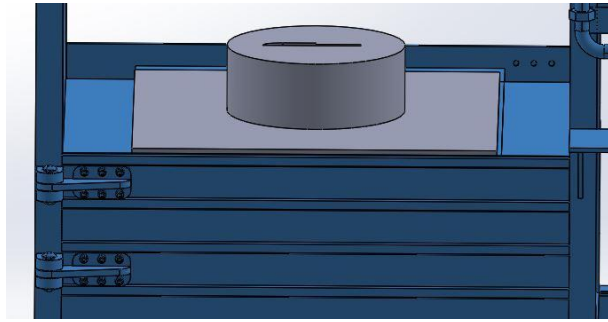


Imagen 15: Detalle molde con forma de cuchillo.

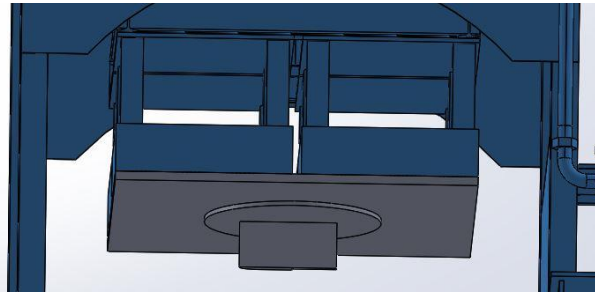


Imagen 16: Detalle pistón con forma de cuchillo.



Imagen 17: Pulsador de doble mano.

Automatización de una línea de producción de cuchillos cerámicos
 Cerro Caballero, Sergi



Imagen 18: Relé o temporizador industrial.



Imagen 19: Manómetro Bourdon.

Seguidamente, se detallan los datos técnicos principales de la prensa hidráulica: (15)

Modelo	Fuerza del motor	Potencia del motor	Presión máxima	Carrera del pistón	Capacidad del tanque	Tensión	Frecuencia
300 ton M/H-M/C-2	2943 kN	5,5 kW	260 bar	480 mm	100 dm ³	400/3 V	50/60 Hz

Para consultar las cotas de los moldes y la prensa hidráulica consultar el apartado de anexos.²

6.2.2. Horno industrial refractario

El horno industrial tiene unas medidas de 60 cm de ancho y 90 cm de profundidad y una altura de 100 cm. Gracias a esta altura el horno tiene capacidad para 7 bandejas. El horno está fabricado de ladrillo refractario y manta cerámica. El horno alcanza una temperatura máxima de 1500 °C gracias a un alambre de siliciuro de molibdeno (MoSi₂). Como cualquier máquina el horno dispone de un botón de encendido y apagado. El horno está perfectamente aislado gracias al grosor de la estructura y a la manta cerámica por lo que se puede abrir y cerrar la puerta sin necesidad de emplear ningún guante especial. De todos modos, debido a la alta temperatura que se concentra en su interior es recomendable prestar especial atención cuando se meten y se sacan las bandejas. Igual que la prensa hidráulica el horno industrial dispone de un relé o temporizador industrial Schneider capaz de contar 300 horas y tras 24 horas emite un pitido para que el operario sepa cuando retirar los cuchillos.

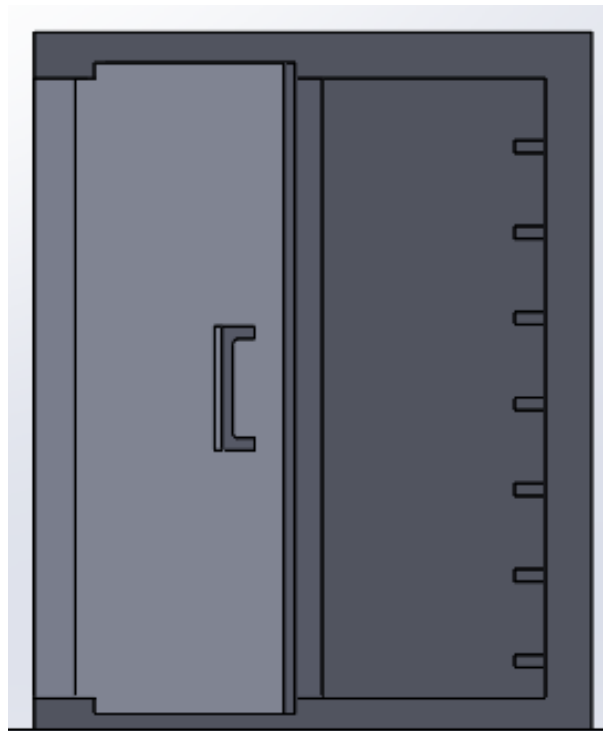


Imagen 20: Diseño 3D del horno industrial refractario.

² Anexo B



Imagen 21: Relé Schneider 300 horas.

A continuación, se detallan las características principales del horno industrial refractario: (16)

Modelo	Potencia	Voltaje	Elemento calefacción	Temperatura Máxima	Ancho	Profundidad	Altura	Volumen
HT540	42 kW	380 V	MoSi2 1700	1500 °C	60 cm	90 cm	100 cm	540 dm ³

Para consultar las cotas del horno industrial refractario consultar el apartado de anexos.³

6.2.3. Amoladora de banco

La amoladora de banco está compuesta por dos discos revestidos de diamante. Gracias a este revestimiento de diamante se consigue un afilado más preciso en el menor tiempo posible. La amoladora tiene su botón de encendido y apagado. A diferencia de las dos máquinas anteriores, la amoladora no dispone de ningún tipo de relé o manómetro debido a que no es necesario controlar el tiempo invertido en el biselado del cuchillos ya que como bien se ha explicado en el

³ Anexo C

apartado 4.2 del proyecto, la operación de biselado se realiza sin seguir ningún tiempo de patrón por lo que cada cuchillo tenga un tiempo de biselado diferente que dependerá de varios factores como son el número de horas trabajadas, el estado de ánimo del operario, etc.

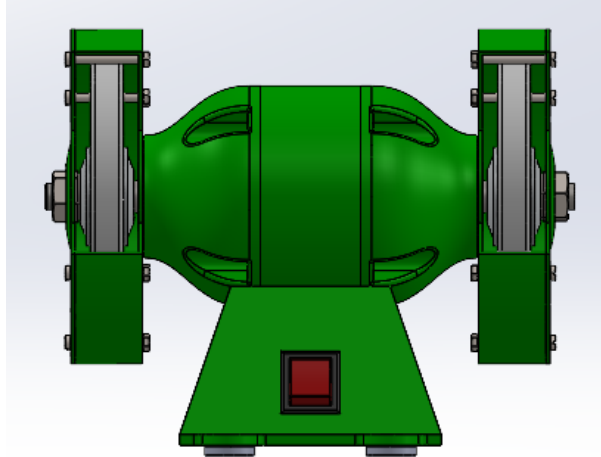


Imagen 22: Diseño 3D de la amoladora de banco.

Tabla de datos técnicos de la amoladora de banco: (17)

Modelo	Potencia	Voltaje	Velocidad rotación	Diámetro	Ancho	Largo	Peso
FER BGM1020	250 W	230 V	2950 rpm	15 cm	4 cm	15 cm	8 kg

Para consultar las cotas de la amoladora de banco consultar el apartado de anexos.⁴

6.2.4. Prensa manual

La prensa manual, es la única máquina del proceso productivo no automatizado que no tiene consumo energético. Con la prensa manual se realiza el ensamblaje del cuchillo con el mango. Debido a que la hoja del cuchillo entra sin apenas ajuste sobre el mango es necesario dicha prensa para poder realizar el ensamblaje con éxito. También se reduce los posibles accidentes laborales (cortes o rasguños) que pueda haber, gracias a que en la base de la prensa hay espacio

⁴ Anexo adicional 2

para poner una sargento con el que se sujeta el cuchillo. La prensa ejerce presión sobre el mango debido a que este dispone de más superficie de contacto que la hoja del cuchillo.



Imagen 23: Diseño 3D de la prensa manual.

Tabla de datos técnicos de la prensa manual: (18)

Modelo	Potencia manual	Altura pieza	Longitud brazo palanca	Peso	Dimensiones porta punzón	Distancia porta punzón a la columna
DDP 20 Optimum	392,4 N (40kg) - 589 (60 kg)	195 mm	450 mm	38 kg	32x32x345 mm	120 mm

Para consultar las cotas de la prensa manual consultar el apartado de anexos.⁵

⁵ Anexo adicional 3

6.3. Esquemas

En este apartado se visualizan los esquemas relacionados con el proceso productivo no automatizado con el objetivo de facilitar la comprensión detallada en el anterior apartado.

6.3.1. Esquema proceso productivo no automatizado

A continuación, se detalla esquemáticamente el proceso productivo de la fabricación de cuchillos cerámicos.

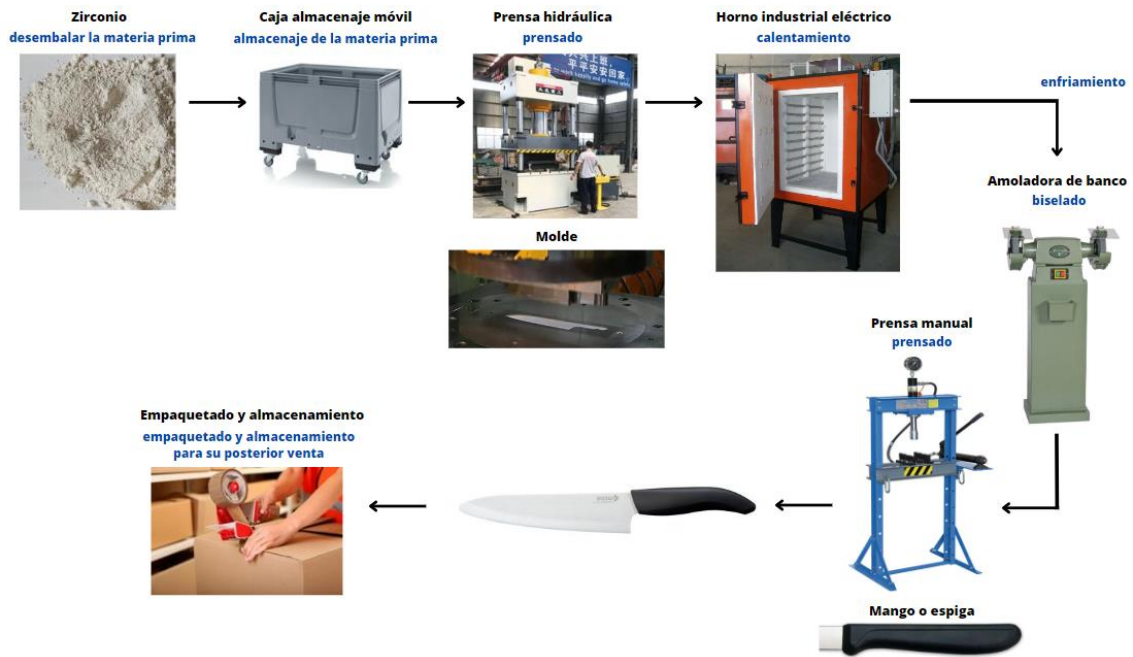


Imagen 24: Representación esquema proceso no automatizado.

6.3.2. Esquema disposición nave

En este apartado, se visualiza como está organizada la nave, respetando las dimensiones de esta, del proceso de fabricación de cuchillos cerámicos.

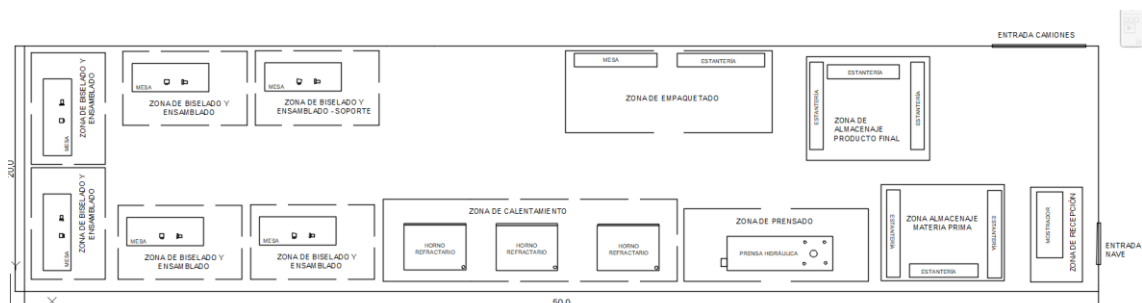


Imagen 25: Representación esquema disposición nave proceso no automatizado.

6.3.3. Esquema 3D del proceso productivo

A continuación, se detalla una imagen 3D del proceso productivo.

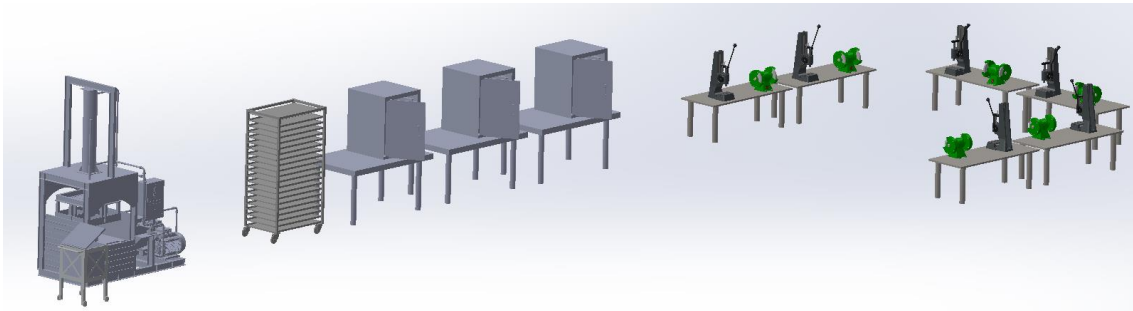


Imagen 26: Representación esquema 3D proceso no automatizado.

Para visualizar de forma clara los esquemas empleados en el actual apartado, consultar el apartado de anexos.⁶

6.4. Diagrama de Gantt proceso productivo no automatizado

Se ha realizado un diagrama de Gantt correspondiente al proceso de fabricación no automatizado de cuchillos cerámicos, con el objetivo de conocer el tiempo necesario en fabricar un número determinado de cuchillos cerámicos. Para su elaboración se han estimado unos tiempos (lo más reales posibles) para cada una de las operaciones del proceso productivo. El objetivo principal del diagrama es proporcionar una representación visual del tiempo necesario en producir el producto final. A través de esta herramienta, se busca maximizar la eficiencia y optimizar los tiempos de producción con el objetivo de fabricar más en el menor tiempo posible. A continuación, se detallan en una tabla los tiempos estimados para cada operación del proceso productivo:

⁶ Anexo D

Automatización de una línea de producción de cuchillos cerámicos
Cerro Caballero, Sergi

operación	descripción	duración (min)	duración (h)
Llenado de caja de almacenaje (A)	Llenar la caja de almacenaje de zirconio para poder comenzar con el proceso productivo. Teniendo en cuenta que el volumen de la caja es de 190 litros, son necesarios 7,5 paquetes de 25 kg de zirconio. Una vez la caja esta llena, llevarla a la siguiente zona de trabajo. Cada caja de almacenaje es un lote de fabricación.	3	0,050
Prensado (B)	Se encarga de realizar el prensado de los cuchillos. De cada caja salen 404 cuchillos. Tras cada operación de prensado, coloca los cuchillos en un carro con 20 bandejas. Como el horno solo tiene capacidad para 7 bandejas, una vez tiene 7 bandejas completas (un total de 105 cuchillos), se llevan los cuchillos a la siguiente operación. Se tarda 1 minuto en prensar 1 cuchillo.	1	0,017
Calentamiento (C)	Pasa los cuchillos a 7 bandejas refractarias. Posteriormente coloca dichas bandejas en el horno durante 24 horas a 1400 °C. Luego se dejan enfriar durante 2 horas.	1440	24
Biselado (D) y Ensamblaje (E)	Biselar los cuchillos cerámicos una vez se hayan enfriado y ensamblar la hoja en la espiga o mango. En el interior de esta se encuentra una cola de alta calidad que asegura una perfecta fijación. El tiempo en esta operación por cuchillo es de 10 minutos	10	0,167
Empaquetaje (G)	Cada cuchillo se empaqueta individualmente y luego se empaquetan en cajas. En cada caja cabe un total de 20 cuchillos.	40	0,667

Imagen 27: Tiempos estimados de cada operación en el proceso no automatizado.

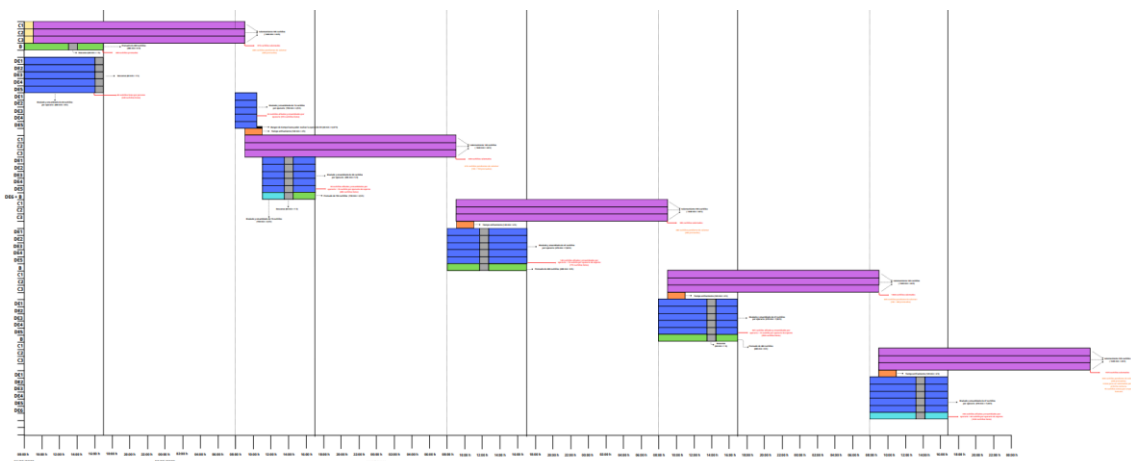


Imagen 28: Diagrama de Gantt del proceso productivo no automatizado.

Se observa como en una semana se producen 1232 cuchillos. Al final de cada viernes se tendrán preparadas las provisiones para el lunes a primera hora, comenzar a fabricar cuchillos. En el Subapartado 4.6.3. *Consumo energético, costes y beneficio* se encuentran los cálculos realizados para obtener el consumo energético anual y el beneficio anual.

En el apartado de anexos, se puede visualizar de forma más clara el diagrama de Gantt del proceso productivo no automatizado.⁷

6.5. Cálculos

En este apartado se detallan los cálculos que se han realizado a lo largo de todo el apartado 4. *Proceso productivo no automatizado* y que han sido necesarios para poder definir el proceso productivo no automatizado lo más real posible. A continuación, se visualizan los 3 cálculos realizados en este apartado.

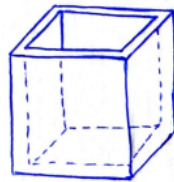
6.5.1. Volumen caja almacenaje y número de cuchillos

Datos

- Caja almacenaje:

$$\text{Caja} = 60 \times 60 \times 60 \text{ cm}$$

$$\text{Espesor caja} = 2,5 \text{ cm}$$



- Paquete zirconio:

$$\text{Peso} = 25 \text{ kg}$$

- Molde:

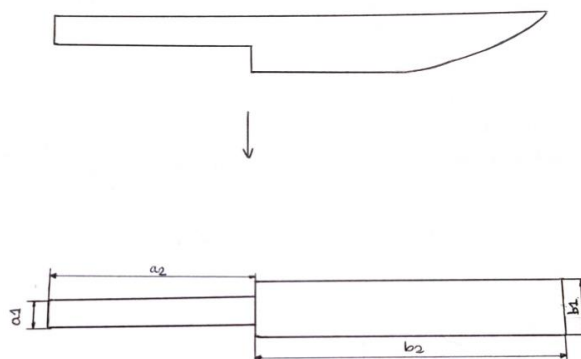
$$\text{Altura} = 10 \text{ cm}$$

$$a1 = 1,5 \text{ cm}$$

$$a2 = 8 \text{ cm}$$

$$b1 = 3,5 \text{ cm}$$

$$b2 = 10 \text{ cm}$$



⁷ Anexo E

Cálculos

$$Volumen\ caja = 57,5 \times 57,5 \times 57,5 = 190109,38\ cm^3 = 190,11\ litros \cong 190\ litros$$

$$1\ litro = 1\ kg$$

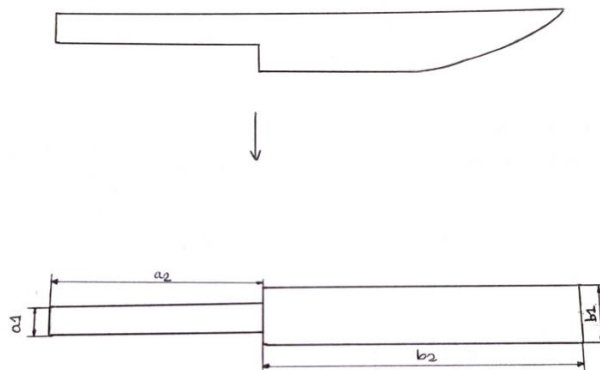
$$Número\ de\ paquetes = \frac{190}{25} \cong 7,5\ paquetes\ de\ 25\ kg$$

$$Volumen\ molde = (a1 \times a2 \times a) + (b1 \times b2 \times a) = (1,5 \times 8 \times 10) + (3,5 \times 10 \times 10) \\ = 470\ cm^3 = 0,47\ litros$$

$$Número\ de\ cuchillo\ por\ caja = \frac{190}{0,47} \cong 404\ cuchillos$$

6.5.2. Presión empleada en el prensado

Los datos se han obtenido de una prensa hidráulica de 300 Tn modelo 300 ton M/H-M/C-2 D=1750. Para consultar los datos, buscar la ficha técnica anexada en el Anexo 2.



Datos

- Cuchillo:

$$a1 = 1,5\ cm$$

$$a2 = 8\ cm$$

$$b1 = 3,5\ cm$$

$$b2 = 10\ cm$$

- Prensa hidráulica:

Fuerza de presión = 2943 kN

$$A = (a1 \times a2) + (b1 \times b2) = (1,5 \times 8) + (3,5 \times 10) = 47 \text{ cm}^2$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{2943 \text{ kN}}{0,0047 \text{ m}^2} = 626170212,8 \text{ Pa} \cong 0,626 \text{ GPa}$$

6.5.3. Consumo energético, costes y beneficio

A continuación, se detallan los cálculos de consumo eléctrico de una semana de trabajo con el objetivo de conocer el consumo energético, costes y beneficio anual.

Durante los 5 días de producción, la prensa hidráulica esta encendida 26,5 horas, los dos hornos industriales un total de 120 horas cada horno y las amoladoras 30,3 horas (24 horas las amoladoras y 6,3 horas la amoladora de soporte).

Datos

PRENSA HIDRÁULICA	HORNO INDUSTRIAL (x3)	AMOLADORA* (x5)	AMOLADORA SOPORTE*
<i>Pot = 5,5 kW</i>	<i>Pot = 42 kW</i>	<i>Pot = 0,25 kW</i>	<i>Pot = 0,25 kW</i>
<i>t = 26,5 h</i>	<i>t = 120 h</i>	<i>t = 24 h</i>	<i>t = 6,3 h</i>

Electricidad ENDESA TEMPO 24 h EMPRESAS = 0,097 €/kWh

Óxido de circonio estabilizado con óxido de itrio y nanométrico = 90 €/kg

Se aplica un descuento del 56% en base a mi propia experiencia laboral.

Óxido de circonio estabilizado con óxido de itrio y nanométrico con el descuento aplicado = 39,6 €/kg

Mango de plástico = 0,89 €/u

Caja de cartón = 0,92 €/u

Impuestos

Dado que, en la empresa hay un total de nueve trabajadores, se estima que se deberá abonar aproximadamente un 25% en concepto de Impuesto sobre la Renta de las Personas Físicas (IRPF) y el Impuesto sobre el Valor Añadido (IVA). Asimismo, se prevé una carga fiscal del 10%, que incluye impuestos a la propiedad e impuestos locales. En conjunto, se estima que los impuestos representarán aproximadamente el 35% de los ingresos netos anuales.

Cálculos

$$E_{Total} = E_{Prensa} + E_{Horno} + E_{Amoladoras}$$

$$E = Pot \times t$$

$$E_{Prensa} = 5,5 \times 26,5 = 145,75 \text{ kWh}$$

$$E_{Horno} = (42 \times 120) \times 3 = 15.120 \text{ kWh}$$

$$E_{Amoladoras} = ((0,25 \times 24) \times 5) + (0,25 \times 6,3) = 31,575 \text{ kWh}$$

$$E_{Total} = 145,75 + 15.120 + 31,575 = 15.297,325 \text{ kWh}$$

Para hacer los cálculos se establece que los 13 días equivale a un ciclo o lote, por lo que:

$$\text{Precio electricidad} = 15.297,325 \times 0,097 = 1.483,84 \text{ €}$$

$$1 \text{ semana} = 1.232 \text{ cuchillos} = 1.483,84 \text{ €}$$

$$1 \text{ mes} = 4.928 \text{ cuchillos} = 5.935,36 \text{ €}$$

$$1 \text{ año} = 59.136 \text{ cuchillos} = 71.224,32 \text{ €}$$

Costes materias primas:

Es necesario 27.446 kg de óxido de circonio para hacer 59.136 cuchillos:

$$\text{coste óxido de zirconio} = 39,6 \times 27.446 = 1.086.861,6 \text{ €}$$

Es necesario 59.136 mangos para los 59.136 cuchillos que se fabrican anualmente:

$$\text{coste mangos} = 0,89 \times 59.136 = 52.631,04 \text{ €}$$

Hacen falta 2.957 cajas de cartón para embalar los cuchillos:

$$\text{coste cajas} = 0,92 \times 2.957 = 2.720,44 \text{ €}$$

Coste nóminas:

A continuación, se detallan los costes derivados de las nóminas de los 9 trabajadores de la nave; 6 operarios destinados a la producción de cuchillos cerámicos, 2 personas encargadas de la parte administrativa y financiera de la empresa y 1 persona encargada de la logística y de la atención de los clientes.

operarios de producción (40 horas semanales) = 22.000 €

Operario logística (40 horas semanales) = 22.000 €

Administración y finanzas (40 horas semanales) = 26.000 €

total = (22.000 × 6) + 22.000 + (26.000 × 2) = 206.000 €

Los trabajadores mientras fabrican los cuchillos cerámicos, realizan inspecciones visuales. Sin embargo, dichas inspecciones, no pueden garantizar que el producto final cumpla con los requisitos mínimos de calidad. Para garantizar estos requisitos y garantizar la calidad del producto, de los 1.232 cuchillos que se fabrican semanalmente, se envían 300 cuchillos (50 cuchillos de cada operario) a una empresa especializada en ensayos, la cual certifica si los cuchillos pasan o no el control de calidad. Se da por hecho, que, si los 300 pasan el control de calidad, los demás cuchillos serán correctos. Este control de calidad tiene un coste mensual de 12.000 euros (144.000 euros anuales).

El PVP del cuchillo cerámico es de 27,50 € por lo que anualmente se obtiene un beneficio de:

costes anuales = 1.563.437,4 €

ventas anuales = 27,50 × 59.136 = 1.626.240 €

beneficio anual (sin aplicar el pago de impuestos) = 1.626.240 – 1.563.437,4
= 62.802,6 €

beneficio anual (aplicando el pago de impuestos) = 62.802,6 – (62.802,6 × 35%)
= 40.821,69 €

En la parte no automatizada, no se han considerado los costos de la maquinaria y la nave, ya que se presupone que estos han sido saldados previamente junto con el costo del montaje del proceso productivo, es decir ya se ha recuperado el dinero que costo comprar y poner en marcha todas las máquinas. Por lo tanto, únicamente se tienen en cuenta los costos asociados a la materia prima, los gastos energéticos y los impuestos.

7. PROCESO PRODUCTIVO AUTOMATIZADO

7.1. Proceso productivo automatizado

En este apartado se detalla el nuevo proceso de producción en el que se han implementado mejoras en ciertas máquinas del proceso anterior y se han adquirido nuevas máquinas con el objetivo de lograr una automatización completa de la línea de producción. En todo momento, se ha buscado aumentar la eficacia y la producción, eliminando las acciones repetitivas realizadas por los operarios y reemplazándolas por un robot industrial. A continuación, se describen de manera secuencial los pasos del proceso de fabricación.

Con el fin de abastecer la línea de producción, se ha incorporado una tolva de alimentación junto con una cinta transportadora que suministra el óxido de circonio a la prensa hidráulica. El llenado de la tolva de alimentación es responsabilidad del operario, quien también se encarga de gestionar la logística en la nave. Una vez que el operario ha llenado la tolva y activa el sistema, esta comienza a funcionar a velocidad baja constante. En la parte inferior y superior de la tolva, se ha incorporado dos sensores capacitivos. El sensor ubicado en la parte inferior detiene la tolva cuando no hay materia prima. El sensor ubicado en la parte superior activa de nuevo la cinta, cuando el operario llena la tolva. Al final de la tolva, y sobre la parte superior de la prensa hidráulica, se encuentra un embudo por el cual pasa la materia prima antes de depositarse sobre los moldes de la prensa hidráulica. La prensa hidráulica sigue siendo la misma que en el proceso no automatizado, pero se ha realizado varias modificaciones. En su base se ha incorporado un nuevo molde capaz de producir 4 cuchillos cada vez que se prensa, en lugar de 1, lo que multiplica por 4 la eficiencia de la operación en el mismo intervalo de tiempo. Y se han realizado 4 taladros a la prensa para poder instalar los 4 conductos de llenado. Antes del llenado de los moldes, estos se pulverizan con aceite, de manera que los cuchillos puedan ser extraídos sin sufrir roturas o grietas. Una vez realizado el prensado, dos brazos robóticos ubicados en cada lateral de la prensa, utilizando ventosas de succión, extraen los cuchillos prensados y los colocan sobre dos cintas transportadoras, asignando una cinta a cada robot.

En este punto, el proceso productivo se divide hasta llegar a la última cinta transportadora, encargada de llevar los cuchillos a la zona de empaquetado. A continuación, se detalla el procedimiento para una de las líneas de producción, aunque el proceso es idéntico para ambas.

El brazo robótico coloca los cuchillos prensados sobre la cinta transportadora, llevándolos hasta su extremo. En ese punto, un segundo brazo robótico los coloca en una mesa de cristal para su escaneo. La mesa de cristal dispone de un sistema de cámaras 2D con un software de inteligencia artificial que permite detectar posibles grietas en los cuchillos. Se incorpora una cámara en la

parte superior de la mesa y otra por debajo de la mesa, para poder verificar las dos caras del cuchillo. En caso de que se detecte alguna grieta, el brazo robótico desechará el cuchillo en un carro. Por otro lado, si no se encuentran grietas, el mismo brazo robótico coloca los cuchillos de forma estratégica sobre la vagoneta del horno. Una vez completado el llenado de la vagoneta, esta se introduce automáticamente en el horno, donde se someten a un calentamiento a 1400 °C durante 24 horas. Cada horno dispone de dos vagonetas y cada una de las vagonetas tiene la capacidad de albergar 720 cuchillos (4 filas, 3 columnas y en cada ubicación un total de 60 cuchillos). Sin embargo, cada vagoneta se llena con 180 cuchillos (4 filas, 3 columnas y en cada ubicación un total de 15 cuchillos). Transcurrido este tiempo, la vagoneta sale del horno y espera en la zona de enfriamiento durante dos horas hasta que los cuchillos hayan reducido la temperatura considerablemente para poder ser manipulados por los brazos robóticos. Mientras la primera tanda de cuchillos está en el horno, la segunda vagoneta se completa para una vez pasen las 24 horas y salga la primera vagoneta, la segunda entre en el horno. El mismo brazo robótico que realizó la colocación de los cuchillos sobre la vagoneta, los coloca en la siguiente cinta transportadora, que lleva a los cuchillos cerámicos a la zona de biselado y ensamblado. En esta área, otro brazo robótico toma el cuchillo por el mango y lo afila siguiendo un patrón que ha sido programado previamente. Después de afilarlos, el brazo deposita el cuchillo sobre una especie de soporte con forma de cuchillo y, a continuación, lo toma nuevamente por la parte afilada para llevar a cabo el siguiente paso: el ensamblaje del mango. Una vez ensamblados, los cuchillos se colocan sobre la última cinta transportadora, la cual los dirige hacia la zona de empaquetado. A la altura de esta cinta, se ha agregado un laboratorio donde dos técnicos de calidad realizan una serie de ensayos en los cuchillos para verificar que se están fabricando correctamente.

El proceso productivo es controlado por medio de dos Controladores Lógicos Programables (PLCs). Uno de ellos se encarga de controlar el 90% del proceso, que va desde el inicio del proceso hasta la última cinta transportadora, mientras que el otro PLC se encarga de controlar la empacadora. En todo momento, el operario puede visualizar la información del proceso productivo a través de una pantalla de visualización (display). Esta pantalla permite al operario obtener información en tiempo real acerca de lo que está sucediendo en el proceso, identificar posibles errores y determinar si es necesario alimentar la tolva u otras acciones pertinentes.

7.2. Maquinaria empleada

7.2.1. Tolva de alimentación

La tolva de alimentación ubicada sobre una base de 2 metros de altura. Dicha tolva está equipada con una cinta transportadora elevadora que permite el traslado de la materia prima hasta la parte superior de la prensa hidráulica. La base dispone de unas segundas escaleras que permite al operario poder llenar la tolva sin problemas. Además, se ha incorporado un variador de frecuencia que regula la corriente del motor, permitiendo así variar la velocidad de rotación de dicho motor y por lo tanto conseguir una velocidad baja constante.

Para monitorizar el nivel de la materia prima en la tolva, se ha instalado un sensor capacitivo en su parte inferior. Este sensor proporciona información acerca de la cantidad de materia prima presente en la tolva, permitiendo al operario determinar si es necesario volver a llenarla. La capacidad total de la tolva es de 400 litros, lo que supone un aumento significativo en comparación con el antiguo proceso en el cual se fabricaban 404 cuchillos utilizando 190 litros. Con la capacidad actual de la tolva, es posible producir 848 cuchillos.

Considerando que en el proceso productivo automatizado se fabrican 4320 cuchillos a la semana, se estima que el operario deberá alimentar la tolva 3 veces al día. Esto garantiza un suministro constante de materia prima y evita interrupciones en el proceso de producción.

Las imágenes presentadas a continuación no reflejan con exactitud la tolva de alimentación que se planea instalar en el proceso productivo automatizado. En las imágenes se muestra una tolva de grandes dimensiones; sin embargo, la decisión tomada es instalar una tolva de menor tamaño con una capacidad de 400 litros. Esta capacidad resulta más que suficiente para garantizar el funcionamiento continuo del proceso productivo sin interrupciones.⁸

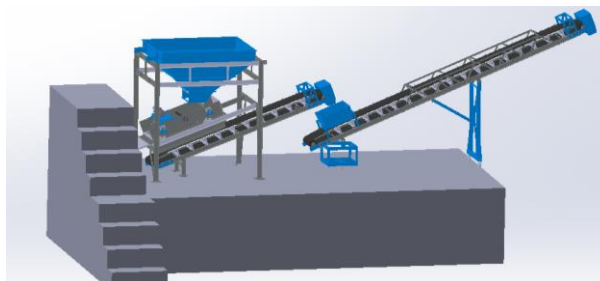


Imagen 29: Tolva de alimentación.

⁸ Anexo G

Detalle ubicación sensor capacitivo:

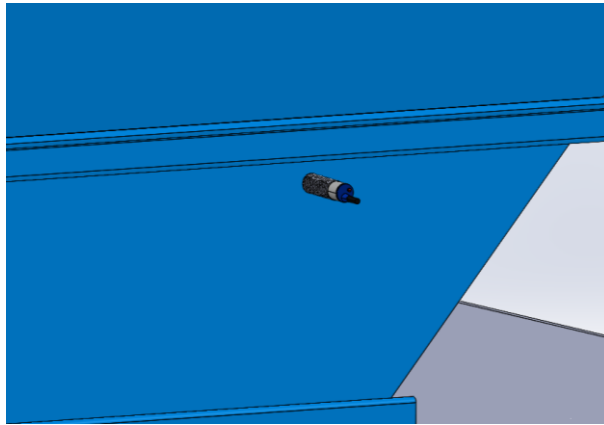


Imagen 30: Detalle exterior sensor capacitivo en tolva de alimentación.

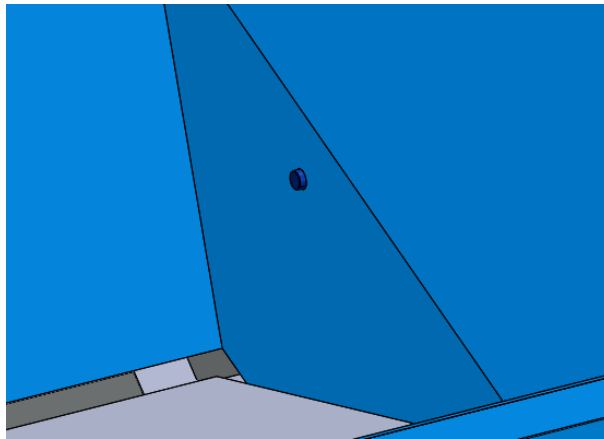


Imagen 31: Detalle interior sensor capacitivo en tolva de alimentación.

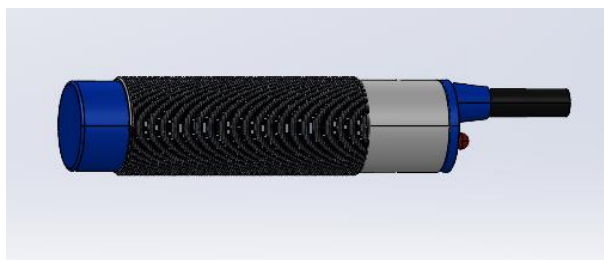


Imagen 32: Detalle sensor capacitivo empleado.

Seguidamente, se detallan en una tabla los datos técnicos de la tolva de alimentación: (19)

Modelo	Potencia	Motor	Altura	Capacidad	Velocidad	Posicionamiento	Longitud cinta
BELT ELEVATOR	0,37 kW	Inverter	1570 mm	400 litros	17-46 m/s	Superficie o enterrada	5,5 m

7.2.2. Prensa hidráulica

En la parte superior de la prensa hidráulica se encuentra un embudo que se encarga de alimentar los moldes de la prensa. El embudo tiene una capacidad mucho mayor que la tolva, por lo que no es necesario incorporar ningún sensor. El embudo está equipado con cuatro tubos de llenado encargados de suministrar materia prima a los moldes. Cada tubo cuenta con un sistema de apertura y cierre compuesto por dos puertas. El proceso de llenado es sencillo: la puerta superior se abre durante un tiempo específico, permitiendo que la materia prima caiga hasta la segunda puerta, que permanece cerrada. Al finalizar el tiempo especificado, la puerta superior se cierra nuevamente. Una vez cerrada la puerta superior, se bloquea el paso de la materia prima entre la puerta superior y la inferior. Con la puerta superior cerrada, la puerta inferior se abre, posibilitando así el llenado de los moldes. El sistema de apertura y cierre de los tubos de llenado son controlados mediante un sistema neumático. Además, la prensa hidráulica cuenta con un sistema de pulverización de aceite. Este sistema rocía aceite directamente sobre los moldes antes de su llenado, evitando posibles roturas durante la extracción de los cuchillos del molde.

Además, se ha incorporado un presostato roscado en el circuito hidráulico para medir la presión en dicho circuito. En caso de que la presión del circuito sea inferior a la presión deseada, la prensa se detiene, evitando así que los cuchillos sean prensados con una presión incorrecta, lo cual podría ocasionar posibles defectos en el producto final. Esta medida garantiza la calidad y fiabilidad de los cuchillos fabricados.

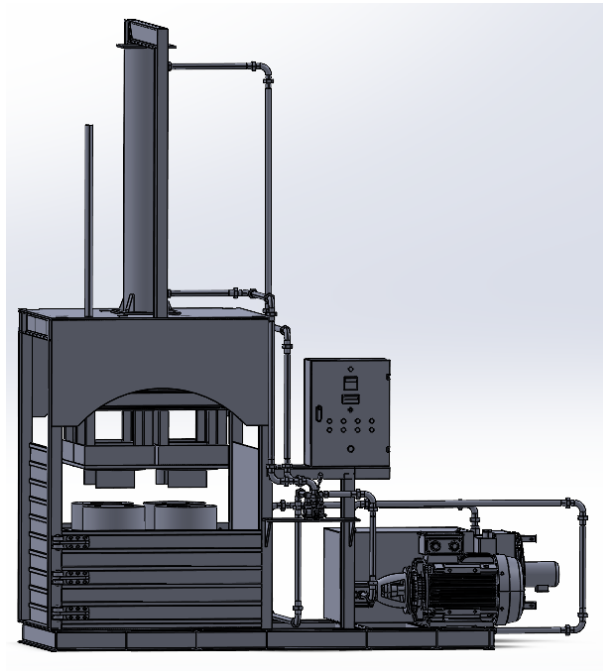


Imagen 33: Prensa hidráulica.

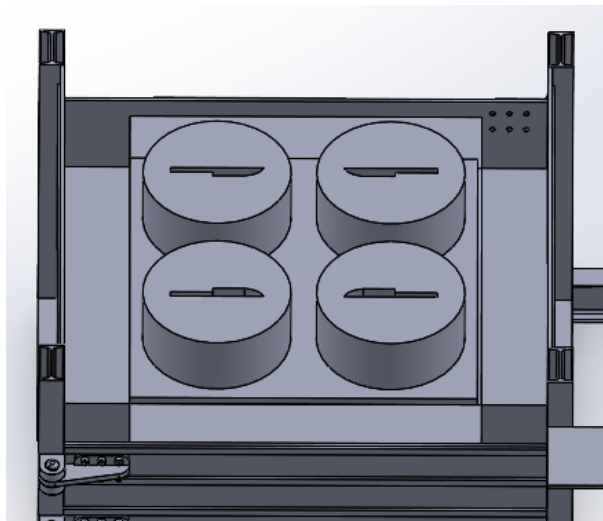


Imagen 34: Detalle molde inferior.

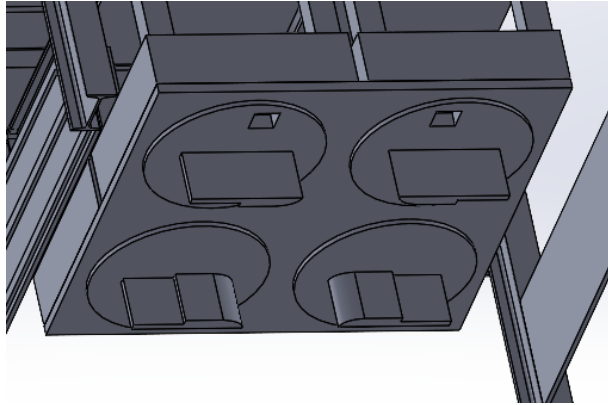


Imagen 35: Detalle molde superior.

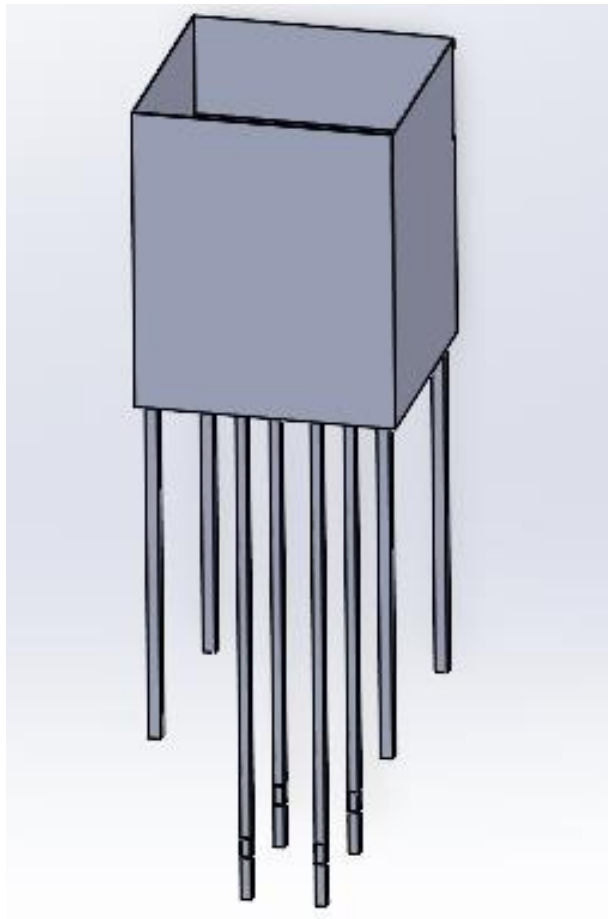


Imagen 36: Embudo.

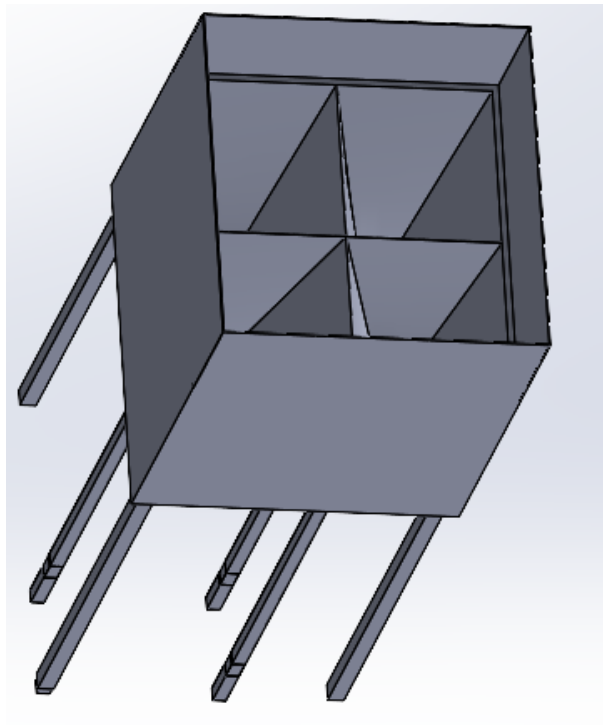


Imagen 37: Detalle embudo vista aérea.

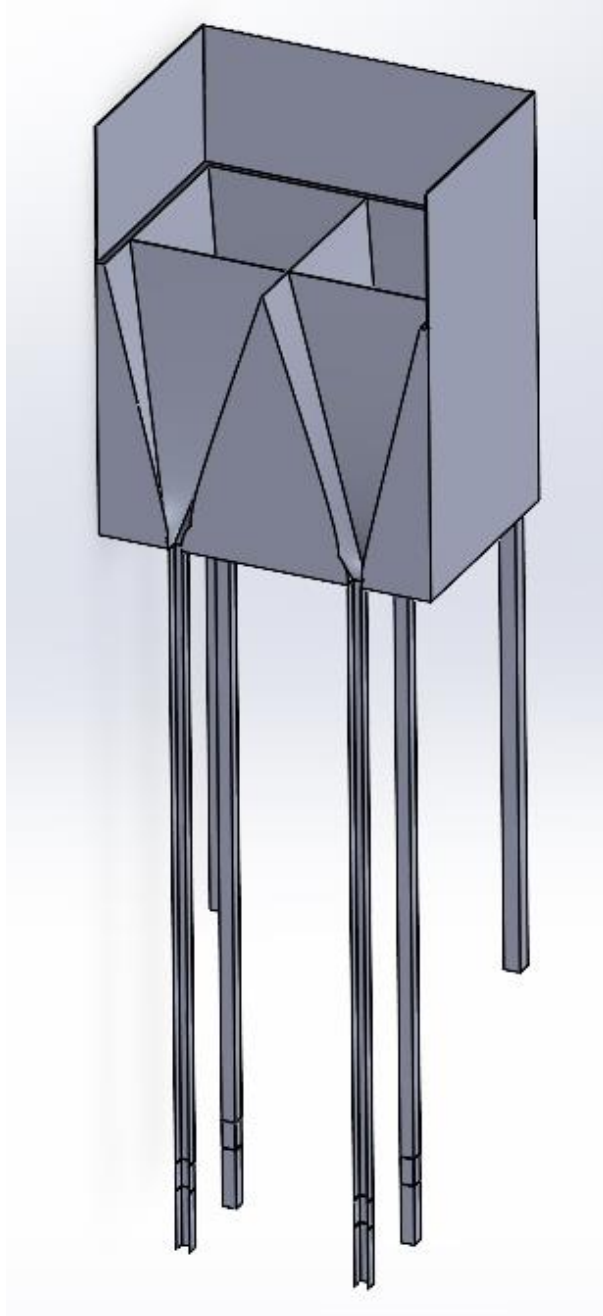


Imagen 38: Detalle embudo vista sección.

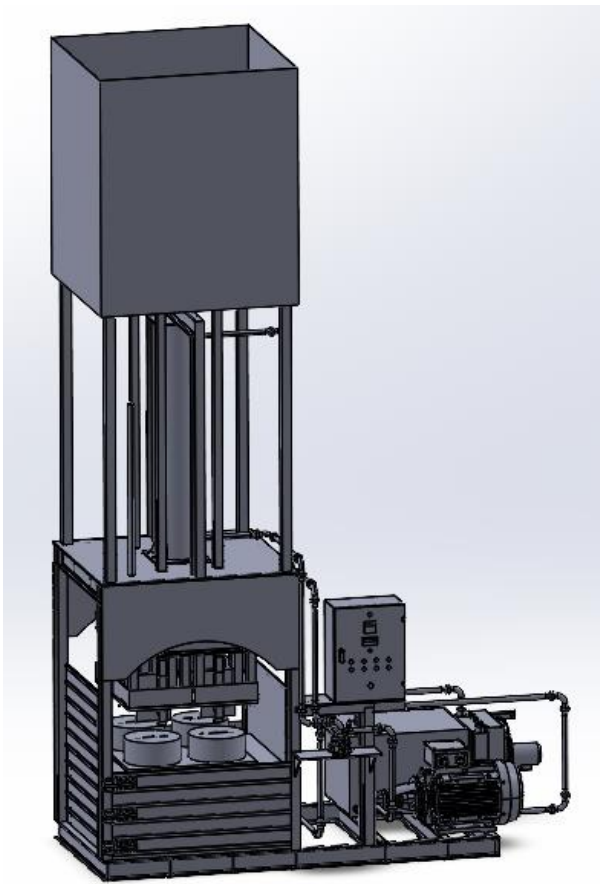


Imagen 39: Prensa hidráulica con embudo instalado.

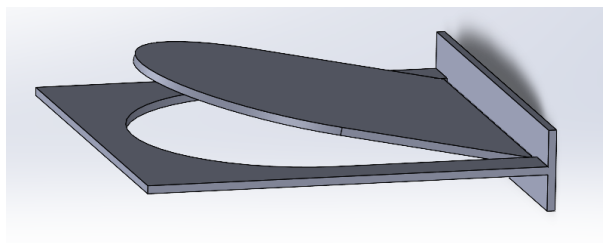


Imagen 40: Sistema de apertura y cierre en tubo de llenado.

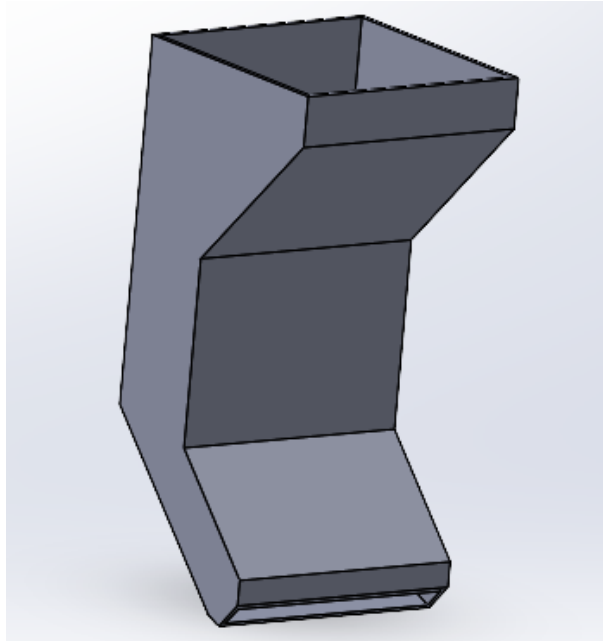


Imagen 41: Parte final tubo de llenado.

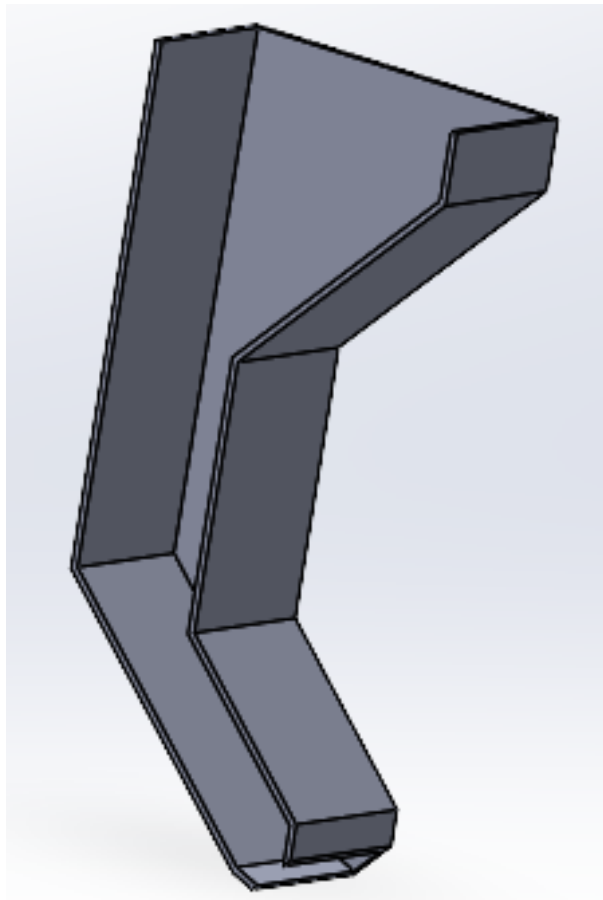


Imagen 42: Detalle parte final tubo de llenado vista sección.

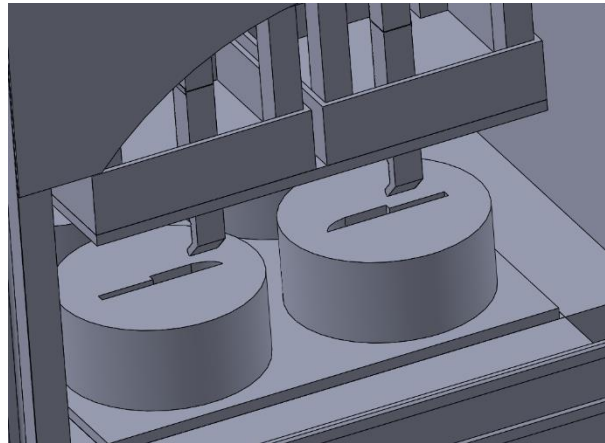


Imagen 43: Detalle parte final tubo en prensa hidráulica.

Seguidamente, se detallan los datos técnicos principales de la prensa hidráulica, que son los mismos que en el proceso no automatizado debido a que la máquina no se ha substituido, solamente se han realizado pequeñas modificaciones para adaptar la máquina al proceso actual.

Modelo	Fuerza del motor	Potencia del motor	Presión máxima	Carrera del pistón	Capacidad del tanque	Tensión	Frecuencia
300 ton M/H-M/C-2	2943 kN	5,5 kW	260 bar	480 mm	100 dm ³	400/3 V	50/60 Hz

Para visualizar mejor las modificaciones realizadas en la prensa hidráulica y las dimensiones de los elementos que se han incorporado a esta, consultar anexo fotográfico.⁹

7.2.3. Horno de vagoneta

El funcionamiento del horno vagoneta se caracteriza por su simplicidad. Una vez que el brazo robótico completa la carga en el vagón, se emite una señal que desplaza la vagoneta hacia el interior del horno. Este horno está equipado con un sensor de alta temperatura que se encarga de medir la temperatura de forma constante durante el proceso de calentamiento. El horno cuenta con dos vagonetas que se desplazan a lo largo de unos raíles, utilizando el mismo principio de funcionamiento que se emplea en los trenes a nivel mundial. Una vez que la primera vagoneta está completa y ubicada dentro del horno, la segunda comienza a llenarse para

⁹ Anexo adicional 1

optimizar el tiempo. Después de transcurridas las 24 horas de proceso de calentamiento, la primera vagoneta sale del horno y se coloca a un lado para permitir que los cuchillos se enfríen. Una vez que los cuchillos se encuentran en la zona de enfriamiento, la segunda vagoneta ingresa al horno. Después de completar las dos horas de enfriamiento, los cuchillos cerámicos se depositan en una cinta transportadora que los llevará hasta la siguiente estación. Cuando la vagoneta está vacía, regresa a la zona de carga, donde un brazo robótico la recarga en espera de su próxima entrada.

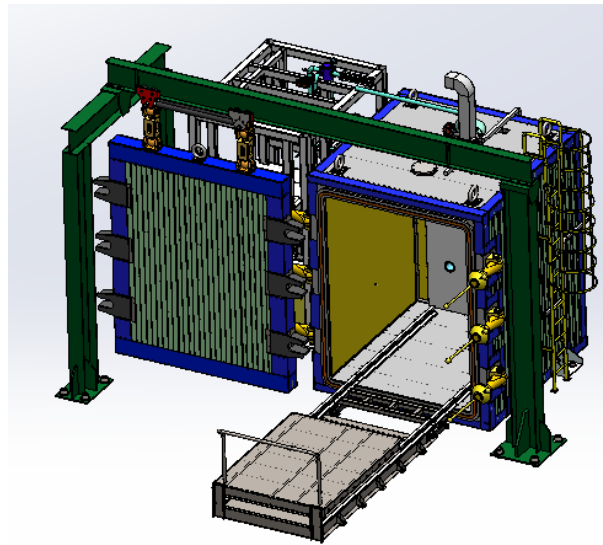


Imagen 44: Horno vagoneta.

Seguidamente, se detallan en una tabla los datos técnicos del horno vagoneta empleado en el proceso productivo automatizado: (20)

Modelo	Potencia	Dimensiones internas	Dimensiones externas	Volumen	Peso
W 1000/14	75 kW	800 x 1600 x 800	1470 x 2410 x 1915	1000 l	3300 kg

Consultar las dimensiones del horno vagoneta y la vagoneta en el apartado de anexos.¹⁰

¹⁰ Anexo H

7.2.4. Afiladora industrial

En el proceso productivo automatizado se ha integrado una afiladora industrial encargada de afilar los cuchillos. En comparación con la amoladora de banco, esta máquina tiene la capacidad de realizar un mayor número de afilados en menos tiempo, lo que resulta en un significativo ahorro de tiempo.



Imagen 45: Afiladora industrial.

Tabla de datos técnicos de la afiladora industrial: (21)

Modelo	Potencia	Voltaje	Velocidad rotación	Inclinación	Long cuchillas	Peso
HMS1000	1,5 kW	400 V	2800 rpm	0 - 90 °	1000x150x15	370 kg

7.2.5. Prensa manual

En el proceso productivo automatizado, se ha incorporado una prensa manual de gran calibre para tener espacio de maniobrar los brazos robóticos a la hora de ensamblar la hoja en la espiga. Dicha prensa manual tiene el mismo funcionamiento que la anterior con la diferencia de tener un tamaño más grande para favorecer el correcto funcionamiento del proceso productivo, evitando posibles accidentes por colapso.

7.2.6. Cintas transportadoras

A lo largo del proceso productivo se han instalado tres tipos cintas transportadoras para facilitar el flujo de los cuchillos entre operaciones. Con el fin de identificar claramente la ubicación de cada cinta, se ha establecido una codificación específica: la cinta transportadora PH (P = prensa y H = horno), la cinta transportadora E (E = enfriamiento), la cinta transportadora F (F= final).

A pesar de contar con tres cintas transportadoras con nombres diferentes, el funcionamiento y la programación son similares en todas ellas. La única diferencia radica en la longitud de cada cinta, la cual se ajusta según la geometría de la nave y la disposición de las máquinas en el nuevo proceso de producción. Todas las cintas están equipadas con variadores de frecuencia para regular la corriente del motor y permitir la disminución de la velocidad de rotación de la cinta, según sea necesario.

Al final de cada cinta transportadora se encuentra un sensor capacitivo que detecta cuando la pieza ha alcanzado el extremo de la cinta, enviando una señal para iniciar la siguiente operación en el proceso. Esta coordinación entre las cintas y los sensores garantiza una secuencia continua y eficiente en el movimiento de los cuchillos a lo largo de todo el proceso productivo.

A continuación, se detalla la cinta transportado tipo y la ubicación de estas en el proceso productivo final.

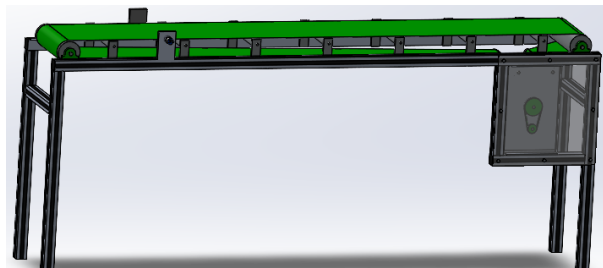


Imagen 46: Cinta transportadora.

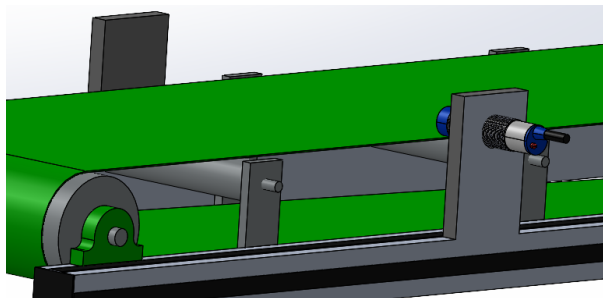


Imagen 47: Detalle sensor capacitivo en cinta transportadora.

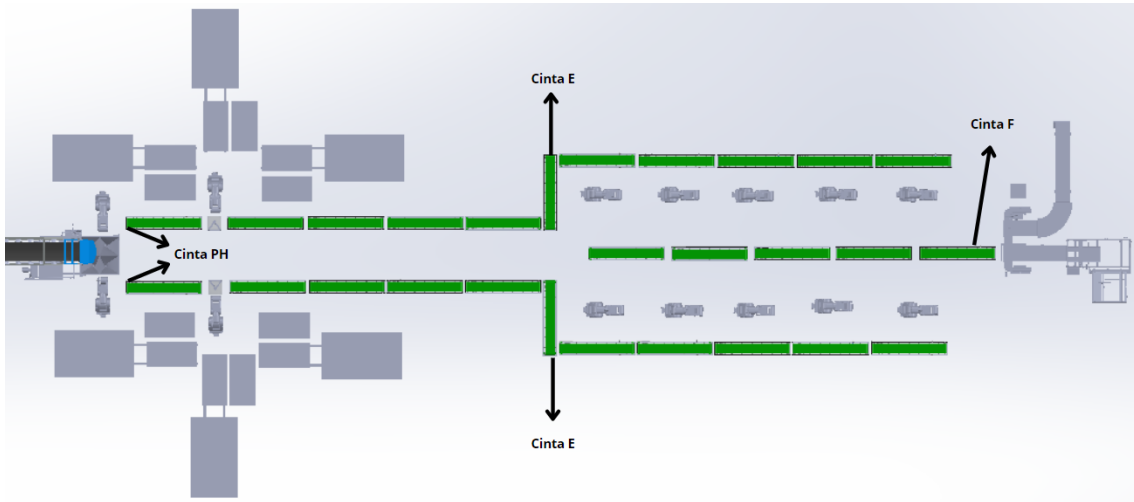


Imagen 48: Ubicación cintas transportadoras.

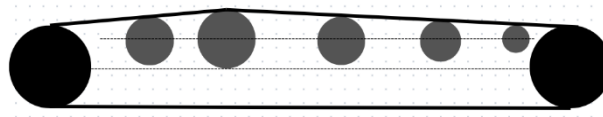


Imagen 49: Detalle cinta transportadora E vista perfil.

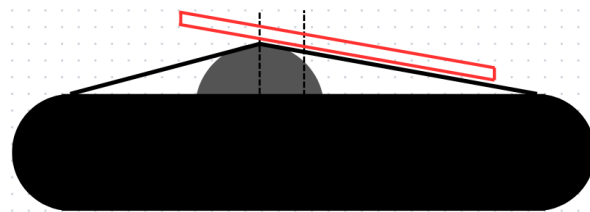


Imagen 50: Detalle cinta transportadora E vista alzado.

El final de la cinta transportadora E presenta una ligera inclinación, a diferencia de las otras cintas. Esta característica se debe al hecho de que, en el extremo de la cinta transportadora E, el brazo robótico siguiente utiliza una pinza para agarrar el cuchillo y llevar a cabo las operaciones de biselado y ensamblado. Gracias a dicha inclinación el brazo robótico puede coger el cuchillo sin ningún inconveniente. La inclinación se logra mediante la incorporación de una serie de rodillos de diferentes tamaños, dispuestos concéntricamente con respecto a los rodillos de la cinta transportadora E.

Las cintas transportadoras E realizan cambios de dirección de 90° mediante el uso de cintas transportadoras modulares, similares a la que se muestra en la siguiente imagen.



Imagen 51: Detalle cinta modular.

Tabla de datos técnicos de la cinta transportadora PH, cinta transportadora E y cinta transportadora F: (22)(23)

- Cinta transportadora PH:

Modelo	Potencia	Voltaje	Anchura	Longitud	Velocidad	Ø rodillo	Carga
NTM-VV-FM 500/1	0,1 kW	220 V	500 mm	1000 mm	4 – 16 m/min	100 mm	35 kg/m

- Cinta transportadora E:

Modelo	Potencia	Voltaje	Anchura	Longitud	Velocidad	Ø rodillo	Carga
NTM-VV-FM 500/6	0,1 kW	220 V	500 mm	6000 mm	4 – 16 m/min	100 mm	35 kg/m

- Cinta transportadora F:

Modelo	Potencia	Voltaje	Anchura	Longitud	Velocidad	Ø rodillo	Carga
NTM-VV-FM 500/3	0,1 kW	220 V	500 mm	3000 mm	4 – 16 m/min	100 mm	35 kg/m

Consultar el apartado de anexos, para visualizar las dimensiones de la cinta transportadora junto con el soporte del sensor y el propio sensor.¹¹

7.2.7. Brazo robótico

A lo largo del proceso productivo, se han implementado seis brazos robóticos para desempeñar diversas tareas. La principal función de estos robots consiste en el traslado de los cuchillos cerámicos desde un punto A hasta un punto B. Excepto, en la zona específica de biselado y ensamblaje, donde brazos robóticos además de trasladar los cuchillos de un punto A hasta un punto B, realizan dos operaciones adicionales sobre los cuchillos, con el objetivo de completar el proceso de fabricación y obtener el producto final.

Los seis brazos robóticos se pueden dividir en tres tipos. El brazo robótico A, el cual dispone de dos ventosas en su extremo para poder sacar los cuchillos del molde una vez han sido prensados, el brazo robótico B el cual dispone de una sola ventosa en su extremo y es el encargado de poner los cuchillos sobre la mesa de cristal y para completar el llenado y vaciado de la vagoneta y el brazo robótico C el cual dispone de una pinza en su extremo para poder coger los cuchillos de una forma segura y así llevar a cabo las operaciones de biselado y ensamblaje.

Estos brazos robóticos son fundamentales para agilizar y optimizar el flujo de trabajo en el proceso productivo. Su capacidad para manipular y transportar los cuchillos con precisión y eficiencia contribuye a garantizar una producción constante y de alta calidad. La programación y coordinación de los brazos robóticos se ajusta cuidadosamente para lograr un funcionamiento fluido y sincronizado con las demás etapas del proceso.

¹¹ Anexo adicional 4

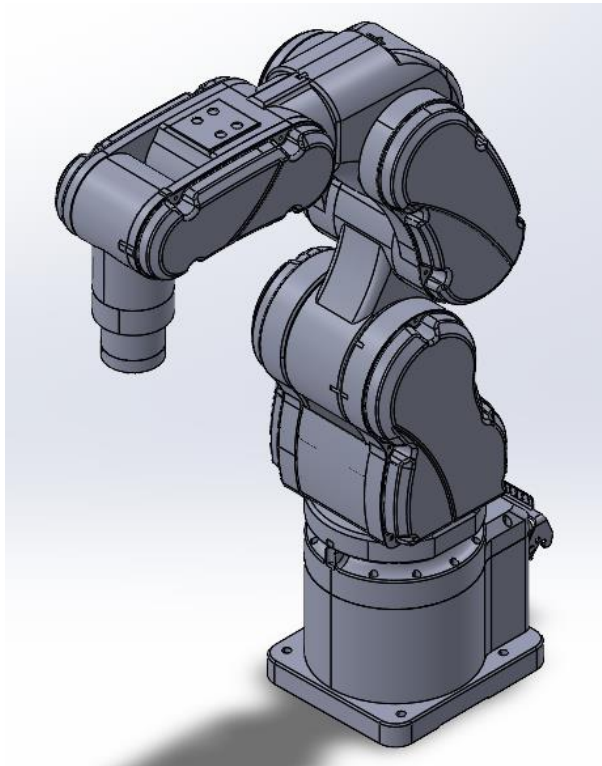


Imagen 52: Brazo robótico.

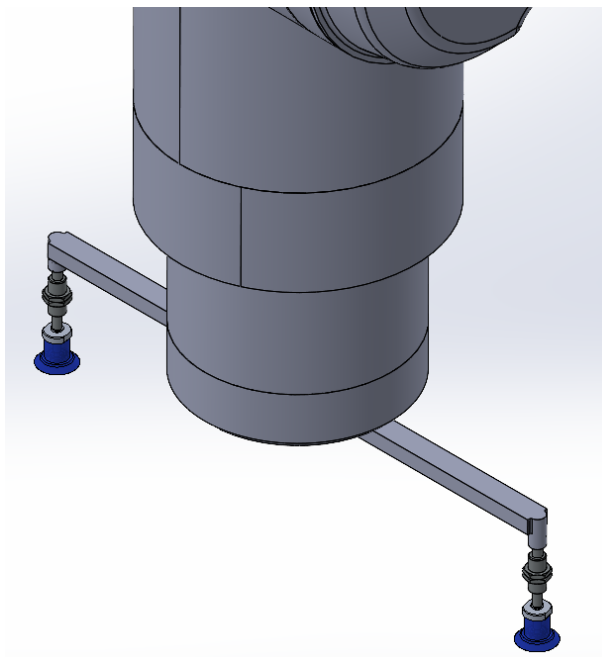


Imagen 53: Cabezal brazo robótico tipo A.

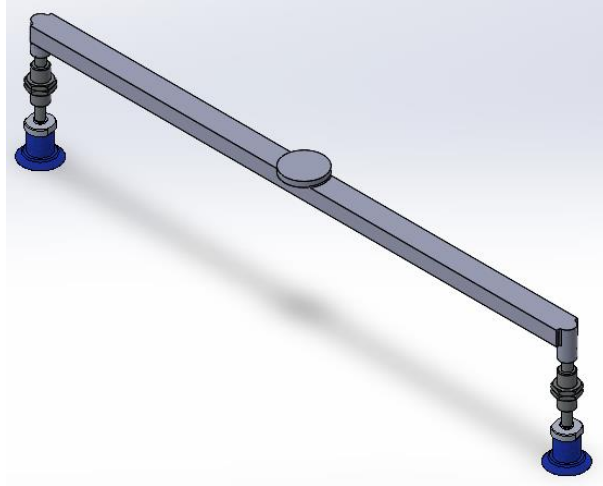


Imagen 54: Detalle cabezal brazo robótico tipo A.

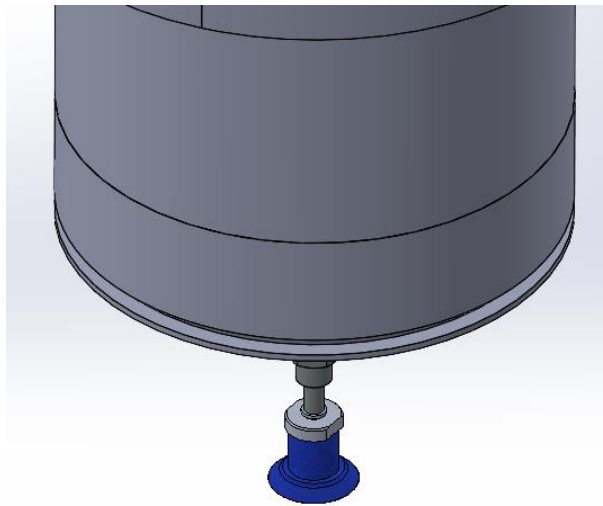


Imagen 55: Cabezal brazo robótico tipo B.

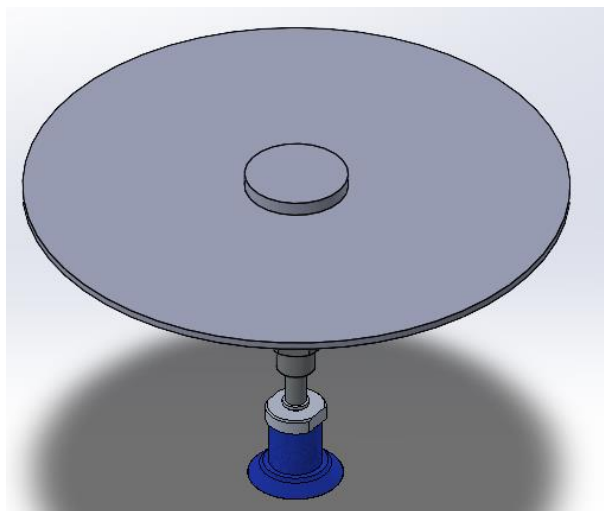


Imagen 56: Detalle cabezal brazo robótico tipo B.

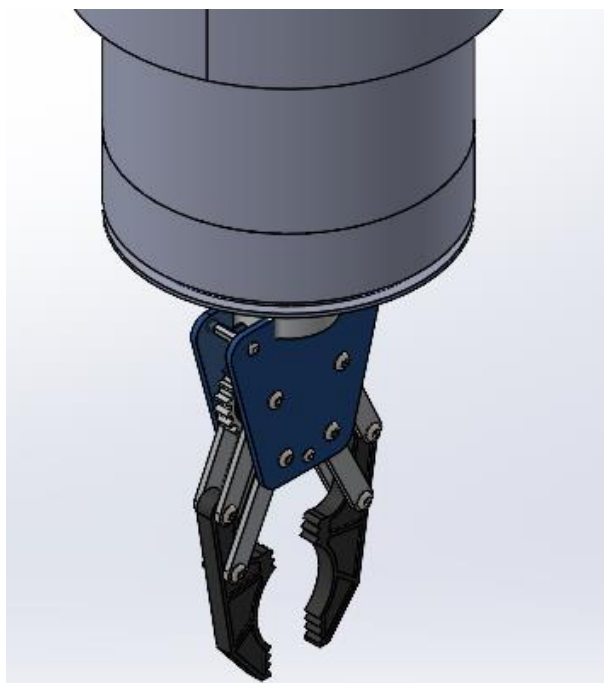


Imagen 57: Cabezal brazo robótico tipo C.

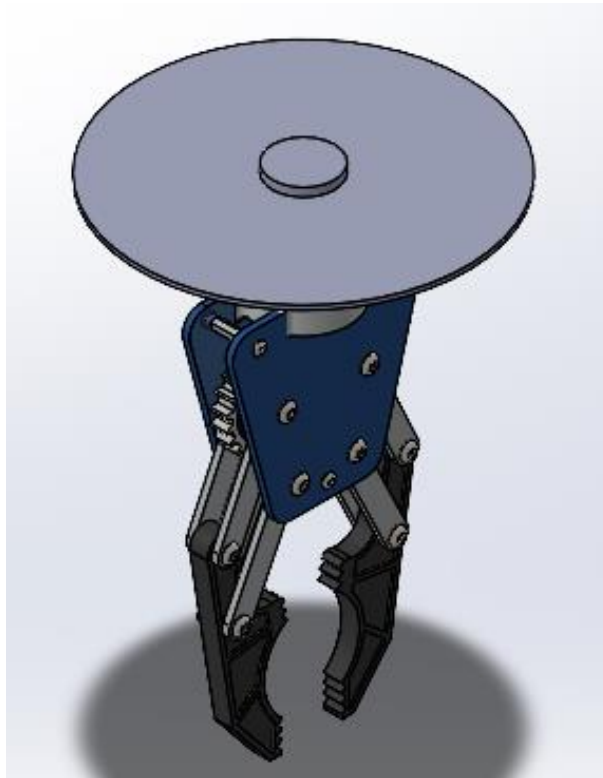


Imagen 58: Detalle cabzal brazo robótico tipo C.

Tabla de datos técnicos del robot: (24)

Modelo	Carga en muñeca	Alcance	Ejes	Peso	Repetibilidad	Protección cuerpo	Protección muñeca	Consumo
M-10iD/8L	8 kg	2032 mm	6	180 kg	0,03 mm	IP54	IP67	1 kW

Las medidas de los cabezales incorporados en el brazo robótico aparecen en el apartado de anexo.¹²

¹² Anexo I

7.2.8. Control IA

Antes de cargar la vagoneta, los cuchillos cerámicos son posicionados por el brazo robótico sobre una mesa de cristal para evaluar su estado externo mediante un sistema de visión equipado con inteligencia artificial. Este sistema cuenta con dos cámaras 2D que incorporan un software de inteligencia artificial, permitiendo así determinar la condición de los cuchillos. La inspección se lleva a cabo justo antes de la fase de calentamiento, ya que los cuchillos son frágiles en ese estado. Una vez calentados, adquieren una alta dureza que los hace irrompibles y resistentes a rayaduras.

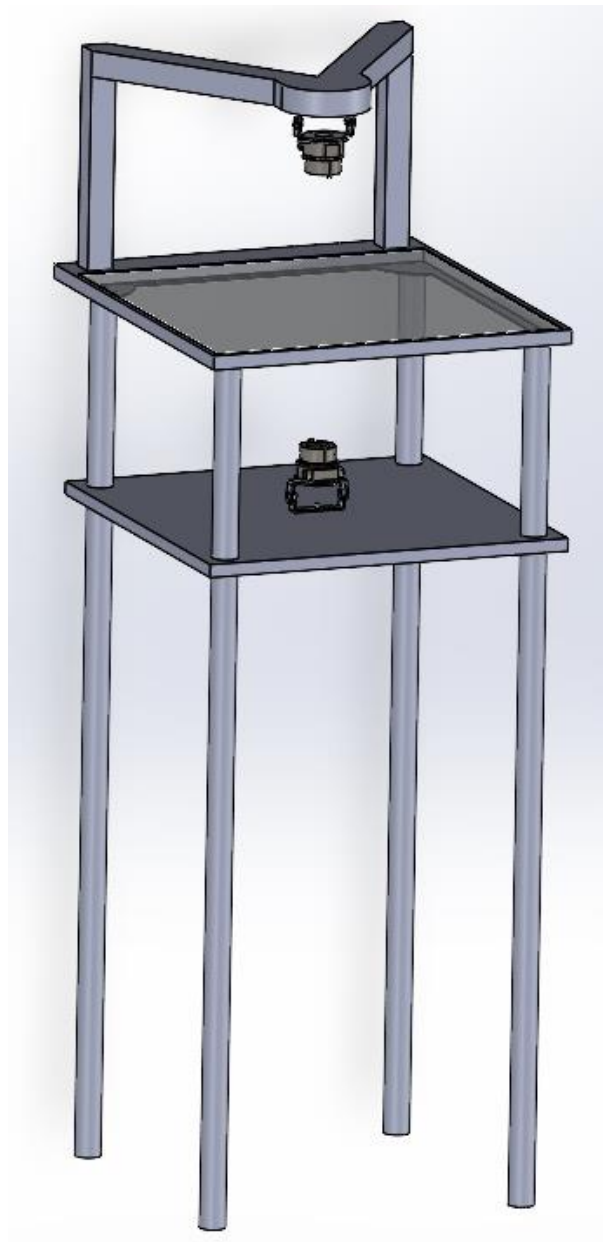


Imagen 59: Mesa de cristal con cámaras 2D.

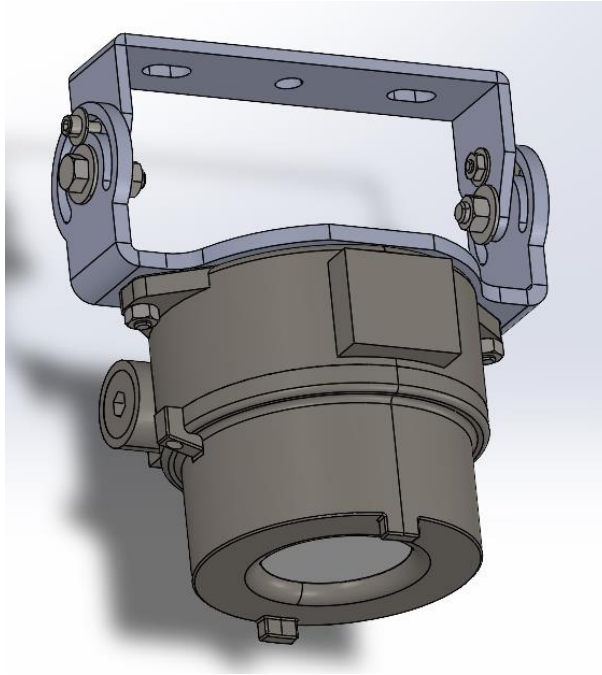


Imagen 60: Cámaras 2D.

Tabla de datos técnicos de las cámaras 2D: (25)

Modelo	Dimensiones	Peso	Consumo	Resolución	Velocidad obturación	Campo de visión	Longitud focal
EXPCMR-IP- POE-2MP- IR-22D	70,1 mm x 205,7 mm	0,4 kg	5 W	2,0 MP (1920 x 1080)	1/3 s hasta 10.000 s	222 °	12 mm

En el apartado anexo, se pueden consultar las medidas de la cámara empleada y la mesa de cristal.¹³

¹³ Anexo J

7.2.9. Empacadora

La empacadora utilizada en el proceso productivo cuenta con cajas de cartón previamente preparadas, las cuales se encuentran en condiciones adecuadas para el empaquetado. Un sensor se encarga de detectar la presencia de los cuchillos cerámicos provenientes de la última cinta transportadora, activando así la siguiente operación. La empacadora viene programada por la empresa que la comercializa debido a su complejidad. Únicamente se ha de poner a continuación de la cinta transportadora E para poder empaquetar los cuchillos cerámicos sin problema alguno. Esta etapa del proceso garantiza una presentación adecuada y segura de los productos, facilitando su distribución y comercialización.

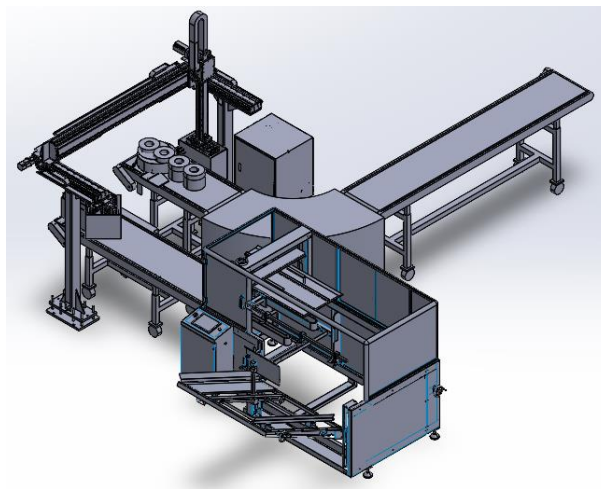


Imagen 61: Empacadora industrial automática.

Tabla de datos técnicos de la empacadora: (26)

Modelo	Potencia	Máxima carga	Velocidad	Peso	Tensión
PWS 1650	1,5 kW	2000 kg	12 rpm	560 kg	220 V

7.2.10. Control de calidad

En el proceso productivo no automatizado, el operario desempeña un papel crucial al asumir la responsabilidad de asegurar la calidad del cuchillo. En contraste, en el proceso automatizado, esta dinámica experimenta un cambio radical, ya que ningún operario interviene en el proceso productivo, salvo fallo en la línea de producción. Por ende, en el proceso automatizado se instaure un laboratorio o habitáculo de pequeñas dimensiones específicamente diseñado para llevar a cabo pruebas y ensayos, con el propósito de garantizar al cliente la calidad idónea del producto. Entre las pruebas realizadas, se destacan las siguientes:

- Prueba de resistencia a la compresión: se mide la capacidad del material para soportar cargas compresivas. Estas cargas no son muy elevadas debido a que los cuchillos están pensados para cortar y no recibir ninguna carga significativa.
- Prueba de dureza: se evalúa si el cuchillo ha adquirido la suficiente resistencia al rayado o penetración.
- Prueba resistencia a la flexión: se determina la capacidad del material para soportar fuerzas flexionales.
- Análisis químicos: se realizan para asegurar que la composición química del material esté en conformidad con los requisitos específicos.
- Prueba de resistencia a la abrasión: Mide la resistencia del material al desgaste debido a la fricción.
- Prueba de estabilidad química: se realiza para verificar la resistencia del material a sustancias químicas específicas.

7.3. Esquemas

Igual que en la parte no automatizada a continuación se detalla a continuación los esquemas del proceso productivo automatizado, la disposición de la maquinaria y un esquema tridimensional. Este conjunto de esquemas tiene como finalidad proporcionar de forma visual y rápida las principales diferencias que han surgido al automatizar el proceso productivo.

7.3.1. Esquema proceso productivo automatizado

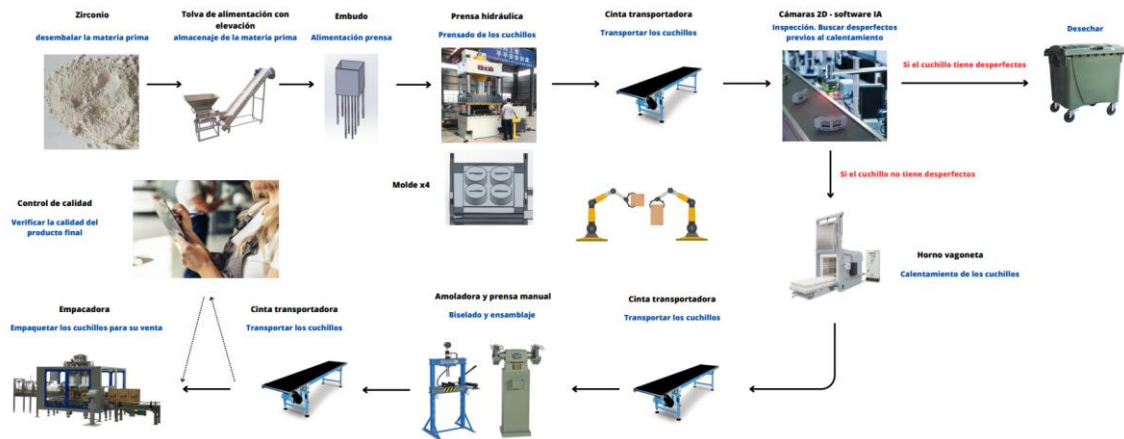


Imagen 62: Representación esquema proceso automatizado.

7.3.2. Esquema disposición nave

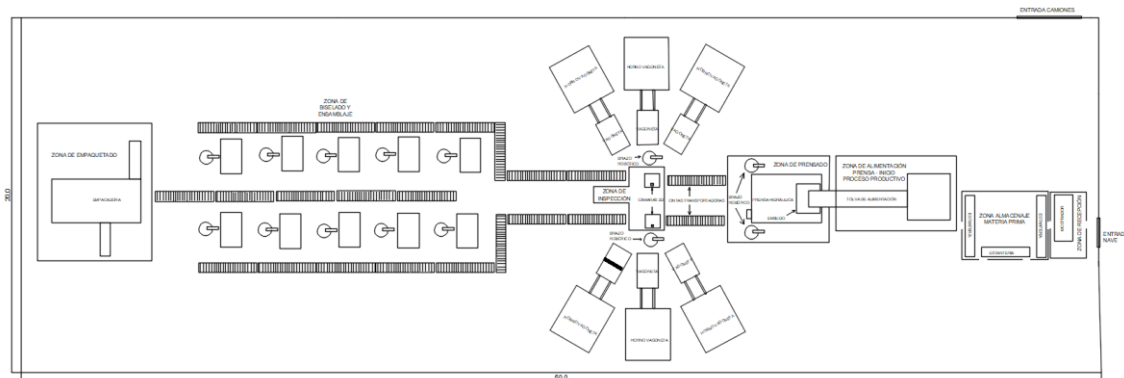


Imagen 63: Representación esquema disposición nave proceso automatizado

7.3.3. Esquema 3D

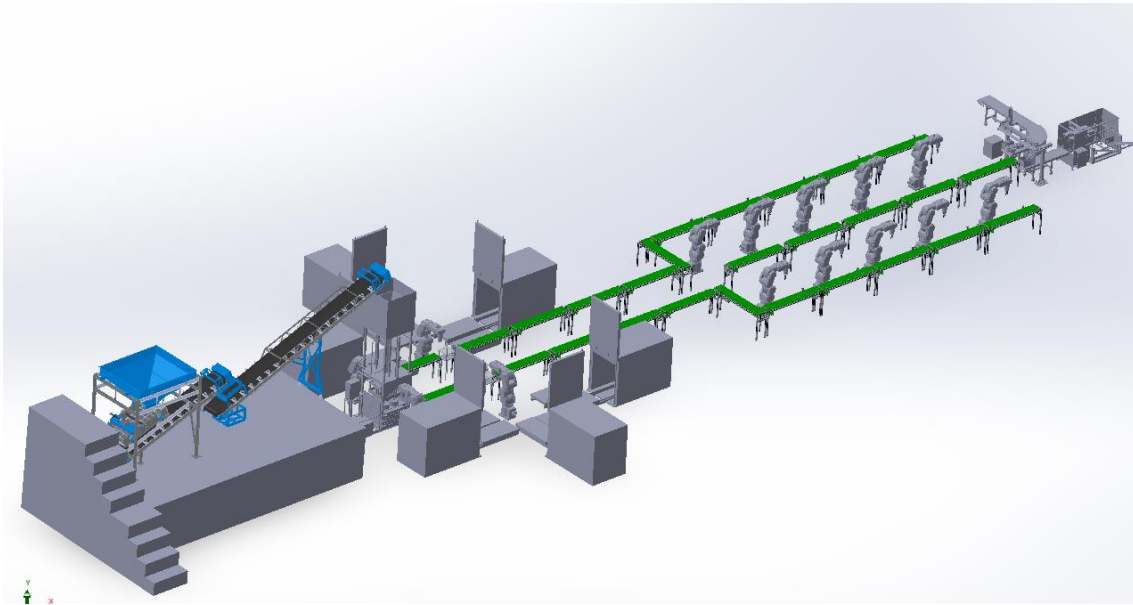


Imagen 64: Representación esquema 3D proceso automatizado.

Para visualizar los esquemas de forma más clara, consultar el apartado de anexos.¹⁴

7.4. Diagrama de Gantt proceso productivo automatizado

Se ha elaborado un diagrama de Gantt para representar el proceso productivo automatizado, siguiendo el enfoque presentado en el apartado 4.5. El diagrama de Gantt permite realizar comparaciones y obtener unas primeras conclusiones sobre el proceso automatizado respecto el proceso no automatizado.

A continuación, se presenta una tabla que detalla los tiempos estimados para cada una de las operaciones del proceso productivo:

¹⁴ Anexo K

Automatización de una línea de producción de cuchillos cerámicos
Cerro Caballero, Sergi

operación	descripción	duración (min)	duración (h)
Llenado embudo y tubos de llenado (A)	En esta operación se considera el tiempo que se tarda desde que el operario completa el llenado de la tolva de alimentación (la cual tiene capacidad de 400 litros) hasta que la materia prima llega al sistema de apertura y cierre de los tubos de llenado de la prensa. Con 400 litros se pueden fabricar un total de 851 cuchillos. Sin embargo, se estima que hasta el sensor ubicado en la parte inferior de la tolva de alimentación hay capacidad para realizar 800 cuchillos. El tiempo que tarda la materia prima en llegar a los tubos de llenado y llenar el embudo el cual tiene una capacidad de 1,40 m3 (contando los 4 tubos de llenado) es de 2 minutos.	2	0,03
Prensado (B)	En esta operación se describe el tiempo que se emplea en llenar los moldes y realizar el prensado. Llenar los moldes es una operación que se realiza por gravedad y tarda un tiempo de 2 segundos. El tiempo en prensar es igual que en el proceso no automatizado, 8 segundos desde la bajada hasta la subida de la prensa. En total son 10 segundos en esta operación. Más 5 segundos en retirar el cuchillo del molde	0,25	0,0042
Cinta transportado + control cámara 2D (C)	En esta operación, se tiene en cuanto el tiempo que tarda el brazo robótico en colocar los cuchillos en la cinta transportadoras y que los cuchillos lleguen hasta la zona de las cámaras. Además se tiene en cuenta 30 segundos de inspección de las cámaras en busca de imperfecciones. El tiempo total es de 1 minuto y 45 segundos por cada dos cuchillos.	800	13,33
Llenado vagoneta (D)	El brazo robótico tarda dos minutos en poner dos cuchillos, debido a que una vez pone el primero, el siguiente no lo puede poner hasta pasado 30 segundos que es lo que tarda el sistema de cámaras 2D en verificar que el cuchillo es correcto más 30 segundos en poner el cuchillo en la vagoneta. Como la vagoneta tiene para capacidad para 360 cuchillos, esta estará completa en 360 minutos	360	6,00
Calentamiento (E)	Calentamiento de 360 cuchillos durante 24 horas.	1440	24
Enfriamiento (F)	Enfriamiento de los cuchillos durante dos horas para poder ser manipulados por los brazos robóticos y poder ser desplazados por las cintas transportadoras.	120	2
Cinta transportadora + biselado y ensamblado (G)	Los cuchillos tardan un total de 2 minutos en llegar a la zona de biselado y ensamblado. En biselar y ensamblar se tarda 8 minutos por cuchillo. Es decir 10 minutos por cuchillo en completar esta operación.	10	0,167
Cinta transportadora + empaquetado (H)	Los cuchillos tardan 30 segundos hasta la empacadora. Luego la empacadora empaqueta 20 cuchillos por caja. Tarda un total de 25 minutos por caja dado que una vez pone dos cuchillos, los siguientes no los puede poner hasta dentro de 10 (5 minutos hasta que el cuchillo finaliza la operación anterior más 30 segundos hasta llegar a la empacadora).	25	0,42

Imagen 65: Tiempos estimados de cada operación del proceso automatizado.

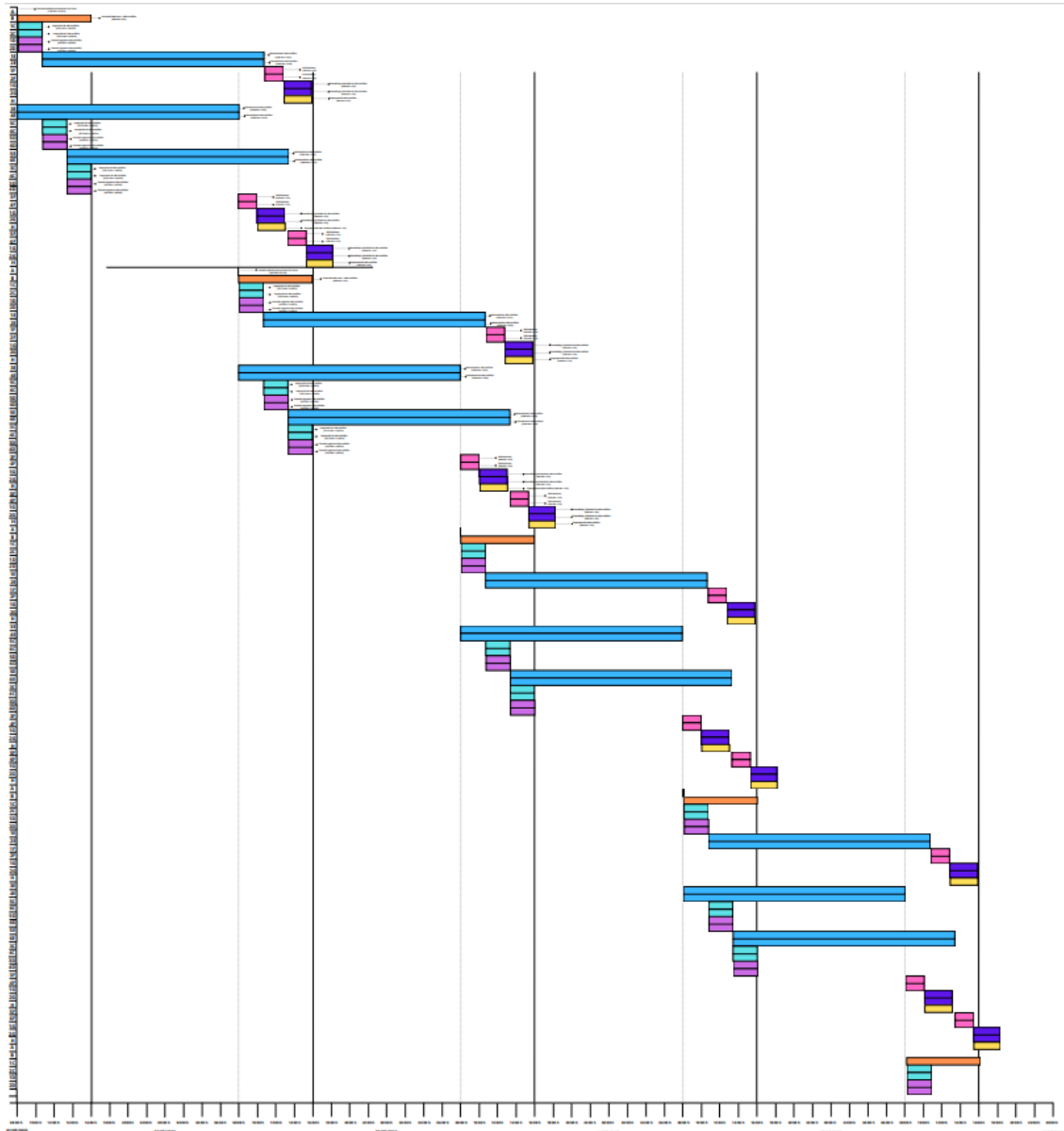


Imagen 66: Diagrama de Gantt del proceso productivo automatizado.

En una semana de trabajo de 40 horas semanales se fabrican 4320 cuchillos. Durante el proceso de fabricación, las máquinas que consumen energía están activas durante períodos de tiempo específicos, salvo los hornos que están trabajando 24 horas cada día. A continuación, se detalla una tabla con las máquinas y los intervalos de tiempo en los que están en funcionamiento durante el periodo de 5 días laborables:

Tolva de alimentación	Prensa hidráulica	Horno (x6)	Brazos robóticos (x14)	Cintas transportadoras (x5)	Afiladora industrial (x10)	Empacadora
0,6 horas	40 horas	96 horas	40 horas	40 horas	36 horas	36 horas

Consultar el apartado de anexos, para visualizar de manera más precisa el diagrama de Gantt de la parte automatizada.¹⁵

7.5. Cálculos

En este apartado se detallan los cálculos que se han realizado a partir del proceso productivo automatizado con el objetivo de conocer el coste energético y beneficios anuales y de este modo sacar conclusiones sobre el proyecto. A continuación, se visualizan los 2 cálculos realizados en este apartado.

7.5.1. Alimentación tolva

En este apartado se pretende conocer el tiempo necesario hasta tener que volver alimentar la tolva de 400 litros.

Teniendo en cuenta que un molde tiene un volumen de $0,47 \text{ cm}^3$, los 4 moldes de la prensa hidráulica tienen un volumen de:

$$4 \text{ moldes} \times 0,47 \text{ cm}^3 = 1,88 \text{ cm}^3$$

$$n^{\circ} \text{ de prensados} = \frac{400}{1,88} = 212,8 \cong 212 \text{ prensados}$$

Si se pueden realizar 4 cuchillos en cada prensado. Teniendo en cuenta los 400 litros de la tolva de alimentación, se obtienen un total de:

$$212 \times 4 = 848 \text{ cuchillos}$$

Por lo que, si se prensan 1920 cuchillos diarios, habrá que llenar la prensa 3 veces al día.

¹⁵ Anexo L

7.5.2. Prensa hidráulica

Teniendo en cuenta que los 4 moldes tienen una capacidad de $1,88 \text{ cm}^3$, se calcula las veces que es necesario llenar el embudo situado en la parte superior de la prensa hidráulica con el objetivo de conocer el número de veces que será necesario llenarlo para realizar 180 prensados.

La base del embudo tiene unas dimensiones de $115 \text{ cm} \times 120 \text{ cm} \times 50 \text{ cm}$. Mientras que los 4 tubos de llenado tienen unas dimensiones $4,8 \text{ cm} \times 4,8 \text{ cm} \times 226 \text{ cm}$. Por lo tanto, el volumen total del embudo es de:

$$volumen\ total = (115 \times 120 \times 100) + (115 \times 120 \times 100) = 695207,04 \text{ cm}^3$$

$$695207,04 \text{ cm}^3 = 695,20704 \text{ litros}$$

7.5.3. Consumo energético y beneficios

A continuación, se detallan los cálculos de consumo eléctrico durante las 55,8 horas que tarda en fabricarse un lote, con el objetivo de conocer el consumo energético, costes y beneficio anual.

A continuación, se detallan en una tabla las horas de funcionamiento de cada una de las máquinas que consumen energía durante las 61 horas necesarias para fabricar los 720 cuchillos cerámicos.

Datos

Tolva de alimentación	Prensa hidráulica	Horno (x6)	Brazos robóticos (x14)	Cintas transportadoras (x5)	Afiladora industrial (x10)	Empacadora
0,6 horas	40 horas	96 horas	40 horas	40 horas	36 horas	36 horas
0,37 kW	5,5 kW	75 kW	1 kW	0,1 kW	1,5 kW	1,5 kW

La cámara 2D no tiene consumo significativo por lo que solo se tiene en cuenta su precio para poder calcular el coste de la inversión necesaria.

Electricidad ENDESA TEMPO 24 h EMPRESAS = 0,097 €/kWh

Óxido de circonio estabilizado con óxido de itrio y nanométrico = 90 €/kg

Se aplica el mismo descuento que en el proceso no automatizado de 56% en base a mi propia experiencia laboral

Óxido de circonio estabilizado con óxido de itrio y nanométrico = 39,6 €/kg

Mango de plástico = 0,89 €/u

Caja de cartón = 0,92 €/u

Cálculos

$$E_{Total} = E_{Tolva} + E_{Prensa} + E_{Cintas} + E_{Hornos} + E_{Afiladoras} + E_{Robots} + E_{Empacadora}$$

$$E = Pot \times t$$

$$E_{Tolva} = 0,37 \times 0,6 = 0,222 \text{ kWh}$$

$$E_{Prensa} = 5,5 \times 40 = 220 \text{ kWh}$$

$$E_{Cintas} = (0,1 \times 40) \times 5 = 20 \text{ kWh}$$

$$E_{Hornos} = (75 \times 96) \times 6 = 43.200 \text{ kWh}$$

$$E_{Afiladoras} = (1,5 \times 36) \times 10 = 540 \text{ kWh}$$

$$E_{Robots} = (40 \times 1) \times 14 = 560 \text{ kWh}$$

$$E_{Empacadora} = 1,5 \times 36 = 54 \text{ kWh}$$

$$E_{Total} = 0,222 + 220 + 20 + 43.200 + 540 + 560 + 54 = 44.594,222 \text{ kWh}$$

$$Precio = 44.594,222 \times 0,097 = 4.325,63 \text{ €}$$

$$1 \text{ semana} = 4.320 \text{ cuchillos} = 4.325,63 \text{ €}$$

$$1 \text{ mes} = 17.280 \text{ cuchillos} = 17.302,52 \text{ €}$$

$$1 \text{ año} = 207.360 \text{ cuchillos} = 207.630,24 \text{ €}$$

Automatización de una línea de producción de cuchillos cerámicos
Cerro Caballero, Sergi

Costes materias primas:

Es necesario 96.238 kg de óxido de circonio para hacer 207.360 cuchillos:

$$\text{coste óxido de circonio} = 39,6 \times 96.238 = 3.811.024,8 \text{ €}$$

Es necesario 207.360 mangos para los 207.360 cuchillos que se fabrican anualmente:

$$\text{coste mangos} = 0,89 \times 207.360 = 184.550,4 \text{ €}$$

Hacen falta 10.368 cajas de cartón para embalar los cuchillos:

$$\text{coste cajas} = 0,92 \times 10.368 = 9.538,56 \text{ €}$$

Coste nóminas:

Debido a la automatización de la línea de producción, el número de operarios involucrados en el proceso productivo se ha reducido considerablemente, pasando de 6 operarios en la fabricación de cuchillos cerámicos a un único trabajador. No obstante, con el objetivo de ofrecer al cliente un producto final de mayor calidad, se han incorporado dos técnicos de laboratorio y un ingeniero, quienes se encargarán del correcto funcionamiento de la línea de producción. Por lo tanto, el número total de trabajadores pasa de 9 a 6: 1 operario encargado de alimentar la tolva y encargado de la logística de la nave, 2 técnicos de laboratorio, 2 personas encargadas de la parte administrativa y financiera de la empresa y un ingeniero.

$$\text{operarios de producción/logística (40 horas semanales)} = 22.000 \text{ €}$$

$$\text{técnico de laboratorio (40 horas semanales)} = 26.000 \text{ €}$$

$$\text{Administración y finanzas (40 horas semanales)} = 26.000 \text{ €}$$

$$\text{ingeniero (40 horas semanales)} = 32.000 \text{ €}$$

$$\text{total} = 22.000 + (26.000 \times 2) + (26.000 \times 2) + 32.000 = 158.000 \text{ €}$$

$$\text{costes anuales} = 4.370.744 \text{ €}$$

$$\text{ventas anuales} = 27,50 \times 207.360 = 5.702.400 \text{ €}$$

$$\begin{aligned} \text{beneficio anual (sin aplicar el pago de impuestos)} &= 5.702.400 - 4.370.744 \\ &= \mathbf{1.331.656 \text{ €}} \end{aligned}$$

Se consideran que los impuestos a pagar son los mismos que los considerados en el apartado de cálculo de la parte no automatizada, es decir un 35% de impuesto sobre el beneficio neto. Por lo tanto, los beneficios anuales son los siguientes:

$$\text{beneficio anual (aplicando el pago de impuestos)} = 1.331.656 - (1.331.656 \times 35\%) \\ = \mathbf{865.576,4 \text{ €}}$$

A continuación, se detalla una comparativa económica entre el proceso productivo no automatizado y el proceso productivo automatizado:

	PROCESO PRODUCTIVO NO AUTOMATIZADO	PROCESO PRODUCTIVO AUTOMATIZADO
Número de cuchillos	59136	207360
Coste materias primas	1.142.213,08 €	4.005.113,76 €
Coste consumo energético	71.224,32 €	207.630,24 €
Número de trabajadores	9	6
Coste nóminas	206.000,00 €	158.000,00 €
Costes totales	1.419.437,40 €	4.370.744,00 €
PVP cuchillos	27,50 €	27,50 €
Beneficio anual	40.821,69 €	865.576,40 €

Imagen 67: Resumen costes de ambos procesos.

Para el cálculo del beneficio neto anual no se han contabilizado el coste que supone la compra de maquinaria y el montaje y programación del proceso productivo automatizado, debido a que este coste no es común durante todos los años, sino que este coste se produce una única vez. Teniendo en cuenta esto, a continuación, se detalla el tiempo necesario en recuperar la inversión inicial que tiene en cuenta tanto la compra de la maquinaria como la programación de esta.

7.5.4. Amortización

A continuación, se detallan los costos necesarios para calcular el tiempo requerido para recuperar el capital invertido en la compra de maquinaria, programación de las máquinas y montaje de la nave.

Datos

Tolva de alimentación	Prensa hidráulica	Horno (x6)	Brazos robóticos (x14)	Cintas transportadoras (x5)	Afiladora industrial (x10)	Empacadora
11.500 €	-	40.000€	15.000 €	Total = 23.332 €	3.405,75€	3.199 €

El valor del control mediante cámara 2D es de 1. 500 €.

Coste programación:

Durante la reunión con el programador de Barberán S.A., se estimó que eran necesarias entre 25 y 30 horas de programación para abordar todo el proceso productivo, excluyendo la afiladora industrial, ya que estos últimos vienen preprogramados por el fabricante. A pesar de la falta de experiencia del empleado de Barberán en la programación de empaquetadoras, él estima que se requieren aproximadamente 50 horas para llevar a cabo esta tarea. La programación de los robots se percibe como la tarea más compleja. Después de consultar con un compañero que tiene experiencia en la programación de robots, se estima que se necesitarán alrededor de 120 horas para llevar a cabo esta tarea. En consecuencia, el tiempo total estimado para programar todo el proceso productivo se incrementa a un rango de 195 – 200 horas.

El precio de la hora está entre los 30 euros y los 70 euros. Se estima un precio de 50 €/h

$$\text{coste programación} = 200 h \times 50 \frac{\text{€}}{h} = 10.000 \text{ €}$$

Coste compra maquinaria:

$$\text{Tolva de alimentación} = 11.500 \text{ €}$$

$$\text{Cintas transportadoras (5)} = 23.332 \text{ €}$$

$$\text{Hornos vagoneta (6)} = 240.000 \text{ €}$$

$$\text{Brazo robótico (14)} = 210.000 \text{ €}$$

$$\text{Cámara 2D} = 1.500 \text{ €}$$

$$\text{Total} = 486.332 \text{ €}$$

Automatización de una línea de producción de cuchillos cerámicos
Cerro Caballero, Sergi

montaje proceso productivo = 10.000 €

coste inversión inicial = 506.332 €

Considerando que cada año se puede aportar 25 mil euros para recuperar la inversión, son necesarios:

$$\textit{recuperación inversión inicial} = \frac{506.332 \text{ €}}{25.000 \text{ €}} = \mathbf{20,2 \text{ años}}$$

i

8. Impacto medioambiental

En esta sección, se detallan los aspectos medioambientales considerados durante la automatización del proceso productivo automatizado con el propósito de mitigar la huella de carbono y, consecuentemente, reducir el impacto ambiental.

Junto con la automatización del proceso productivo, se ha modernizado la instalación eléctrica de la nave. Esta modernización ha disminuido significativamente la demanda energética, especialmente con la implementación de bombillas de bajo consumo en el área de administración y en el área de producción, logrando así un ahorro considerable en la huella de carbono.

Adicionalmente, se ha integrado un sistema de tratamiento de aguas provenientes de los lavabos, permitiendo su reutilización en el desagüe de los inodoros. Estos lavabos están equipados con tecnología de ahorro de agua para reducir su consumo.

En la medida de lo posible, se prioriza la adquisición de maquinaria y materias primas con Declaración Ambiental de Producto (DAP) para entender el impacto ambiental de los productos adquiridos.

La maquinaria empleada en el proceso automatizado ha sido meticulosamente seleccionada con el objetivo de maximizar su eficiencia y minimizar la huella de carbono.

Además, se ha habilitado un área de desayuno equipada con contenedores para fomentar el reciclaje.

Los cuchillos cerámicos descartados durante el proceso automatizado son gestionados por una empresa especializada en su tratamiento como residuos, garantizando así una gestión ambientalmente responsable.

Para los cuchillos, hemos seleccionado embalajes de cartón corrugado, los cuales son 100 % reciclables y fabricados a partir de recursos renovables. Con el objetivo de reducir al máximo nuestra huella de carbono en el embalaje, solicitamos a nuestros clientes que, si no desean las cajas, las devuelvan para que podamos reutilizarlas en futuros envíos.

En cuanto al transporte de materias primas, buscamos que el transporte de dichas materias primas sea realizado con vehículos de bajas emisiones de CO₂. Dado que las emisiones de CO₂ son las principales causantes del calentamiento global, es fundamental que los proveedores de las materias primas dispongan de vehículos con bajas emisiones.

9. Conclusiones

En base a los resultados obtenidos en los apartados de cálculos, se llega a la conclusión de que la implementación del proceso automatizado ha generado una mejora significativa en términos de producción. La automatización del proceso productivo ha permitido alcanzar una producción anual de 207.360 cuchillos, es decir 148.224 cuchillos de más en comparación con el proceso no automatizado, representando un aumento del 250,64 %. Este incremento en la producción conlleva directo de los costes anuales de la nave.

El consumo energético, ha tenido un aumento considerable debido a la incorporación de más maquinaria en las diferentes etapas del proceso productivo. De igual manera, el coste en materia primas se ha visto aumentado motivado por una mayor fabricación de cuchillos cerámicos. El coste anual de consumo energético y de materia prima es de 4.212.744 euros, un 247,17 % más respecto al proceso productivo no automatizado.

Sin embargo, el coste en salarios se ha reducido respecto al proceso no automatizado debido a la reducción de operarios. En este aspecto, gracias a la automatización se ha conseguido reducir los salarios un 23,30 %.

Teniendo en cuenta los aspectos mencionados, los beneficios anuales han sido 21 veces mayor respecto al proceso productivo no automatizado, consiguiendo unos beneficios anuales de 865.576,40 euros.

10. Agradecimientos

Sin lugar a duda, esta tesis no habría sido la misma sin la participación de ciertas personas e instituciones. Por este motivo, me gustaría dedicar un pequeño párrafo a cada uno.

En primer lugar, deseo expresar mi sincero agradecimiento al Profesor Maurici Sivatte Adroer por haber aceptado mi proyecto. Su apoyo desde el primer día ha sido fundamental para dirigir el trabajo hacía el camino correcto. Sin duda, sus ideas y su conocimiento han sido esenciales para el correcto desarrollo de la tesis. También agradezco su plena disponibilidad e implicación en la realización de reuniones.

Quisiera agradecer a mi compañero de trabajo, el Dr. Josep Maria Ferrer, por organizar una entrevista con el Dr. Joan Formosa Mitjans de la Universidad de Barcelona, lo que me permitió comprender a fondo el comportamiento del óxido de circonio. Gracias a la experiencia de Joan con materiales cerámicos, pude lograr mejoras significativas en los procesos productivos que han sido cruciales para el cumplimiento de los objetivos de la tesis.

Por último, pero no menos importante, deseo expresar mi profundo agradecimiento a mi familia y a mi pareja por la motivación que me han brindado desde el principio y por su apoyo incondicional en los momentos más difíciles.

11. Bibliografía

1. Brunete A, Segundo y Rebeca Herrero PS. 1.1 Breve historia de la Automática [Internet]. Bookdown.org. [citado el 25 de junio de 2023]. Disponible en: https://bookdown.org/alberto_brunete/intro_automatica/breve-historia-de-la-automa-tica.html
2. ¿Qué es la automatización? Ventajas e importancia de automatizar [Internet]. Redhat.com. [citado el 25 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.redhat.com/es/topics/automation>
3. Ripipsacobots.com. [citado el 25 de junio de 2023]. Disponible en: <https://ripipsacobots.com/automatizacion/>
4. ¿Qué tipos de automatización industrial hay y cuáles necesitas? [Internet]. Neobotik. 2021 [citado el 25 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.neobotik.com/tipos-de-automatizacion-industrial/>
5. Sayol I. Automatización Cognitiva: Beneficios y Aplicaciones [Internet]. Ignasi Sayol. 2023 [citado el 25 de junio de 2023]. Disponible en: <https://ignasisayol.com/es/automatizacion-cognitiva-beneficios-y-aplicaciones/>
6. Marketing. ¿Qué es la Robótica Colaborativa? ▷ Aplicaciones y Ventajas [Internet]. EDS Robotics. 2022 [citado el 25 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.edsrobotics.com/blog/robotica-colaborativa-que-es/>
7. Cadecobots.com. [citado el 25 de junio de 2023]. Disponible en: <https://cadecobots.com/robotica-colaborativa-que-es-ventajas-y-aplicacion/>
8. Ventajas y desventajas de la automatización industrial [Internet]. Automatizacionindustrial360.com. 2020 [citado el 25 de junio de 2023]. Disponible en: <https://automatizacionindustrial360.com/ventajas-y-desventajas/>
9. Ventajas y desventajas de la automatización industrial [Internet]. MCR. 2016 [citado el 25 de junio de 2023]. Disponible en: <https://mcr.es/ventajas-y-desventajas-de-la-automatizacion-industrial/>
10. Referencia H, De LA. CAPITULO I: INTRODUCCION A LA AUTOMATIZACION CAPITULO I: INTRODUCCION A LA AUTOMATIZACION [Internet]. Wordpress.com. [citado el 8 de enero de 2024]. Disponible en: <https://teacherke.files.wordpress.com/2010/09/introduccion-a-la-automatizacion.pdf>

11. Tipán E, Zapata M, Visarrea-Topón L. Fundamentos de automatización y redes industriales [Internet]. Indoamérica. Ecuador; 2021 [cited 2024 Jan 8]. 6–232 p. Available from: <file:///C:/Users/stell/Downloads/Libro%20Fundamentos%20automatizacion.pdf>
12. Empresa [Internet]. Tienda Quttin. [citado el 25 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.tiendaquttin.com/content/4-empresa>
13. de Federico González P. Blog de las Marcas [Internet]. Blogspot.com. [citado el 25 de junio de 2023]. Disponible en: <http://blogdelasmarcas.blogspot.com/2008/01/historia-de-kyocera.html>
14. Tdx.cat. [citado el 25 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/6039/03Aja3de8.pdf?sequence=3>
15. Prensa hidráulica especial de 300 toneladas [Internet]. Profi Press, high quality hydraulic presses - RHTC. RHTC B.V.; 2021 [citado el 25 de junio de 2023]. Disponible en: <https://rhtc-workshoppres.com/es/productos/prensas-a-medida/special-hydraulic-press-300-tons/>
16. Super User. 1700 °C Hornos de Alta Temperatura [Internet]. Termorefractarios.com. [citado el 25 de junio de 2023]. Disponible en: <https://termorefractarios.com/productos/hornos-de-alta-temperatura/1700-%C2%B0c-hornos-de-alta-temperatura.html>
17. Manomano.es. [citado el 25 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.manomano.es/p/bigbuy-tools-amoladora-de-banco-bgm1020-250w-reacondicionado-d-34542842#description>
18. Prensa Manual OPTIMUM DDP 20 [Internet]. Bricoindustrial. [citado el 25 de junio de 2023]. Disponible en: <https://www.bricoindustrial.com/es/230/1978-premsa-manual-optimum-ddp-20.html>
19. Elevador con tolva [Internet]. Sistemas de aceite de oliva - Elevador con tolva para Molturación |. [citado el 9 de enero de 2024]. Disponible en: <https://www.pieralisi.com/es/br/productos/sistemas-de-aceite-de-oliva/molturaci%C3%B3n/elevador-con-tolva>

20. Hornos de vagoneta con calentamiento por alambre hasta 1400 °C, también disponibles como hornos combinados para desaglomerar y sinterizar en un solo proceso o con caja de gasificación para la descarburación inerte [Internet]. Nabertherm.com. [citado el 8 de enero de 2024]. Disponible en: <https://nabertherm.com/es/productos/industria/materiales-avanzados/hornos-con-calentamiento/hornos-de-vagoneta-con>
21. AFILADORA AUTOMATICA CON REFRIGERACION CUCHILLAS HASTA 1000 MM - Máquinas muelas y afiladoras - Afiladoras de herramientas - AFILADORA AUTOMATICA CON REFRIGERACION CUCHILLAS HASTA 1000 MM. [citado el 22 de enero de 2024]; Disponible en: <https://www.maquinariaparacarpintero.com/es/p1/afiladoras-de-herramientas/maquinas-muelas-afiladoras/afiladora-automatica-con-refrigeracion-cuchillas-hasta-1000-mm2>
22. Ipermediastudio. IVM/CON [Internet]. Mggmeccanica.com. [citado el 9 de enero de 2024]. Disponible en: <https://www.mggmeccanica.com/es/pincel-plantas/plano/ivm-con/>
23. Cintas transportadoras de velocidad variable [Internet]. Fer-plast.com. [citado el 9 de enero de 2024]. Disponible en: <https://www.fer-plast.com/es/productos/manipulacion-y-almacenamiento/rodillos-y-cintas/cintas-transportadoras/nastri-a-velocit%C3%A0-variabile-detail>
24. [citado el 10 de enero de 2024]. Disponible en: <http://file:///C:/Users/scerro/OneDrive%20-%20Italsan/Escritorio/TFG%20SERGI/MAQUINARIA/PROCESO%20AUTOMATIZADO/ROBOT/robot-brochure-es.pdf>
25. Sensor de visión BVS E Standard [Internet]. Balluff.com. [citado el 10 de enero de 2024]. Disponible en: <https://www.balluff.com/es-es/products/areas/A0005/groups/G0501/products/F05101?page=1&perPage=10&availableFirst=true>

26. Envolvedora de palets con preestiramiento del 250 % Pre-Stretch, PWS1650, TecMaschin [Internet]. TOPREGAL España. [citado el 10 de enero de 2024]. Disponible en: https://www.topregal.es/es/ingenieria-industrial/enfardadora-de-palets-con-preestirado-del-250-pws1650-tecmaschin.html?gmc=1&gclid=Cj0KCQjw1rqkBhCTARIsAAHz7K3FkRZ6uESUG10fECbel-IVMvJmH1IIWWA5ih8wgoeBNthY4rY6pRoaAiwzEALw_wcB