

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR

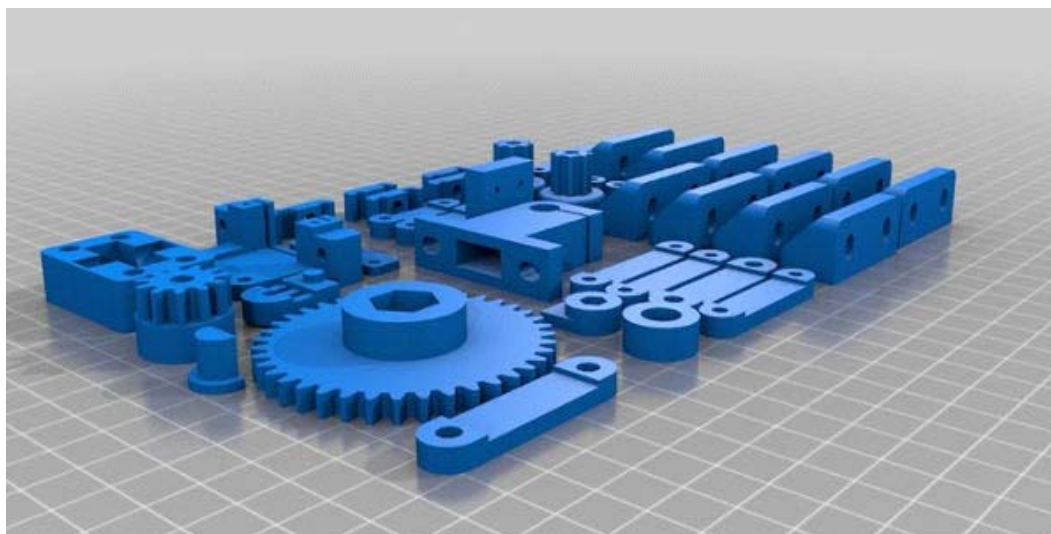
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

ESPECIALIZACIÓN EN GESTION DE LA INNOVACIÓN

Y LA TECNOLOGIA

***Aplicación de la tecnología de Impresión 3D en la
fabricación de repuestos para la Industria***

2017



***Alumno: ANDRÉS LLINÁS
Directores: Lic. (Mg.) ANDREA BARBERO
Dra. VALERIA SCHERGER***

Resumen

En este trabajo final integrador se pretende proponer una solución tecnológica innovadora a un problema muy común en la industria. En general es habitual que las empresas se enfrenten a problemas relacionados a la adquisición de repuestos. En esta investigación en particular se propone dar respuesta a los problemas asociados con la gestión de stock crítico en la empresa Transportadora de Gas del Sur S.A. (TGS).

La gestión de stock crítico es una tarea específica del área de planificación de mantenimiento. En el caso de TGS, el sector de planificación realiza el análisis de los repuestos y la definición de los stocks de seguridad entre otras tareas asociadas al mantenimiento de la planta. En este contexto se identifica el problema a estudiar, que radica en la necesidad de realizar compras anticipadas de repuestos para que los mismos se encuentren disponibles ante una falla de algún equipo como consecuencia de los largos tiempos de gestión de compra y de entrega de los repuestos requeridos.

Al identificar estos inconvenientes que existen con la adquisición y almacenamiento de repuestos, y a partir de las publicaciones de artículos sobre nuevas tecnologías, donde se presentan a diario las nuevas aplicaciones e innovaciones, se propone en este trabajo analizar la factibilidad de la utilización de la tecnología de impresión 3D para la fabricación de repuestos. Esta tecnología es considerada en la literatura la invención precursora de la Tercera Revolución Industrial, como en sus días lo fueron la máquina de vapor y el motor de combustión interna.

A través de la tecnología de impresión 3D se puede resolver parcialmente el problema de stock inmovilizado, demoras en la entrega de repuestos y capacidad de almacenamiento, imprimiendo los repuestos cuando son requeridos sin necesidad de comprarlos con anticipación.

Esta solución, si bien está planteada y dirigida en particular a resolver los problemas de stock del área de mantenimiento de TGS, es fácilmente extrapolable a cualquier empresa, dado que estos problemas son comunes en todas las industrias de proceso.

INDICE GENERAL

CAPITULO 1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	PROBLEMA	1
1.2	JUSTIFICACIÓN	1
1.3	OBJETIVOS	2
1.3.1	Objetivos Generales	2
1.3.2	Objetivos específicos	2
1.4	ESTRUCTURA DEL TRABAJO	2
CAPITULO 2	TRANSPORTADORA DEL GAS DEL SUR	4
2.1	DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA	4
2.2	INSTALACIONES	4
2.3	INNOVACIÓN TECNOLÓGICA	5
2.4	PROCESO DE GESTIÓN DE REPUESTOS	6
2.4.1	Definiciones	7
2.4.2	Procedimiento	7
CAPITULO 3	LA IMPESION 3D	9
3.1	UNA TECNOLOGÍA QUE ESTA CAMBIANDO EL MUNDO	10
3.2	PROCESO DE SELECCIÓN DE UNA IMPRESORA 3D	12
3.2.1	Características de desempeño de las impresoras 3D	12
3.2.2	Tecnología de Impresión 3D.	15
3.2.3	Los usos principales de la impresión 3D.	19
3.3	VENTAJAS Y DEBILIDADES DE LA IMPRESION 3D	20
3.3.1	Ventajas	20

3.3.2 Debilidades	21
3.4 EL NUEVO INTERROGANTE DE LA PROTECCIÓN INDUSTRIAL	21
CAPITULO 4 ANÁLISIS DE GESTIÓN DE STOCKS DEL ALMACÉN DE CERRI	23
4.1 INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE STOCK	23
4.2 CLASIFICACIÓN ABC	23
4.3 ANÁLISIS DE LOS DATOS	25
4.3.1 Clasificación ABC de repuestos almacén Cerri	25
4.3.2 Relevamiento de la información	25
4.3.3 Procesamiento de la información	26
4.3.4 Clasificación ABC: Aplicación del principio de Pareto	26
4.3.5 Análisis del grupo A	28
CAPITULO 5. SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE IMPRESIÓN 3D PARA TGS	30
5.1. SELECCIÓN DE LA IMPRESORA	30
5.2 ANÁLISIS TÉCNICO.	34
CAPITULO 6 CONCLUSIONES	35
CAPITULO 7 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	38
ANEXOS	39
Anexo A Plano del complejo Cerri	40
Anexo B Línea de tiempo evolución impresión 3D	41

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 PROBLEMA

La gestión de repuestos representa un tema crucial dentro de la administración de los repuestos de la empresa Transportadora de Gas del Sur S.A (TGS), ya que la disponibilidad de los equipos críticos afecta directamente la producción. Por esto se hace necesario contar con un nivel de stock que permita minimizar los tiempos de reparación de los equipos. Esta gestión supone un elevado costo debido a la diversidad de equipos que posee la compañía, tanto en lo que respecta a los recursos humanos y físicos que se deben disponer para gestionar los repuestos, como así también el capital inmovilizado resultante de tener los repuestos almacenados.

La dinámica interna de un proceso de producción se acelera conforme a los progresos tecnológicos que permiten mayores volúmenes de producción a menores costos unitarios. Una consecuencia en relación con el manejo de los repuestos, es que conforme una máquina deja de ser utilizada, sus repuestos ya no son necesarios. Esto genera un importante costo en obsolescencia porque los repuestos deben darse de baja. (Farfan Aguilar, 2005).

Tal situación amerita un estudio y análisis de los inventarios de repuestos, en pro de evaluar la posibilidad de reducir el stock crítico utilizando las nuevas tecnologías de impresión 3D disponibles en el mercado.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La exigencia de las políticas de TGS suponen una motivación importante para iniciar el presente proyecto. La política de la compañía publicada en su página web señala lo siguiente.... *“Transportadora de Gas del Sur, empresa dedicada a la prestación de servicios asociados a la integración de la producción y el consumo de gas natural y sus derivados, se compromete a gestionar sus negocios y operar sus instalaciones cumpliendo con los requerimientos de la legislación aplicable y las exigencias a las que voluntariamente adhiera, satisfaciendo las expectativas de sus clientes y priorizando la calidad de sus*

servicios, la prevención de la contaminación y la seguridad y salud de su personal y sus contratistas, mediante la mejora continua de la eficacia de su sistema de gestión”.

Esta declaración impone la necesidad de gestionar los negocios mediante la mejora continua y la eficiencia en las decisiones, incorporando innovaciones que mejoren su proceso productivo. Por otro lado, los grandes volúmenes de repuestos mantenidos en el almacén representan un costo relevante dentro de la planta. La valoración aproximada de estos inventarios es de 617.939.200 pesos, lo que exige a la gestión de repuestos, la utilización de las nuevas tecnologías a fin de poder reducir ese stock sin impactar desfavorablemente sobre el desempeño de las actividades de toda la planta.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Proponer mejoras en la gestión de repuestos del almacén de referencia que posee TGS en el complejo Cerri mediante la utilización de nuevas tecnologías.

1.3.2 Objetivos específicos

- Realizar una revisión sobre nuevas tecnológicas de impresión aplicables a repuestos.
- Conocer la situación actual del área de mantenimiento de la planta de TGS en Cerri.
- Clasificar y valorar las existencias de acuerdo al principio de Pareto o técnica ABC.
- Separar los repuestos en familias (A, B, C).
- Catalogar los materiales del grupo A en diferentes familias de acuerdo a su composición física.
- Evaluar las distintas tecnologías de impresión 3D disponibles a fin de poder imprimir con una máquina el mayor porcentaje de los repuestos.
- Analizar técnicamente las distintas máquinas disponibles en el mercado.
- Proponer un equipo que cumpla con los requerimientos de TGS.

1.4 ESTRUCTURA DEL TRABAJO

En el presente trabajo final integrador se presenta una aplicación práctica a la gestión de repuestos de TGS. El trabajo se estructura en 6 capítulos; donde en el primero se expone la

motivación e hipótesis que dio origen a este trabajo y se detalla la justificación del problema a estudiar y los objetivos generales y específicos que se pretenden cumplir a lo largo de la investigación.

En el capítulo 2 se presenta la empresa TGS y se describe brevemente cómo se realiza en la actualidad la gestión de repuestos. Luego, el capítulo 3 se dedica a presentar la tecnología de impresión 3D, donde se parte de sus comienzos y se hace un recorrido por las distintas tecnologías disponibles hoy en día, como así también se muestra la forma de seleccionar un equipo de este tipo.

El capítulo 4 está dedicado al análisis de factibilidad técnica del proyecto, para lo cual se realiza un estudio ABC de los repuestos críticos de la planta, para luego poder analizar dentro del grupo A cuáles de los repuestos son reproducibles con la tecnología de impresión 3D.

Por último, en el capítulo 5 se presentan las distintas impresoras comercializadas actualmente en el mercado que cumplen con los requisitos determinados en el capítulo 4 y se seleccionan las máquinas que mejor podrían ajustarse a la realidad y necesidades del Almacén de TGS en Cerri. Por último en capítulo 6 se exponen las conclusiones y aportes derivados de este estudio.

CAPITULO 2

TRANSPORTADORA DE GAS DEL SUR

2.1 DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA

TGS es la transportadora de gas líder en Argentina, que opera el sistema de gasoductos más extenso del país y de Latinoamérica con más de 9.000 Km., y tiene una capacidad de transporte de 88,248 millones de metros cúbicos/ día. TGS comenzó sus operaciones a fines de 1992, como resultado de la privatización de Gas del Estado ("GdE").

TGS entrega aproximadamente el 60% del total del gas consumido en la Argentina a través de un sistema propio, que conecta los principales yacimientos gasíferos del sur y oeste de la Argentina con las distribuidoras de gas de aquellas áreas, de la Ciudad de Buenos Aires y del Gran Buenos Aires.

Además del servicio regulado de transporte de gas, TGS presta otros servicios no regulados en la industria del gas, siendo uno de los procesadores líderes de gas natural y uno de los más importantes comercializadores de líquidos de gas natural ("LGN"), operando el Complejo de Procesamiento de General Cerri ("Complejo Cerri"), ubicado en las cercanías de Bahía Blanca en la provincia de Buenos Aires.

En el anexo A se incluye un plano actualizado del complejo Cerri donde se muestran las distintas áreas y sectores que componen la compañía. También, TGS es un importante prestador de servicios denominados "Upstream", los cuales consisten fundamentalmente en el tratamiento, separación de impurezas y compresión de gas, así como otros servicios relacionados con la construcción, operación y mantenimiento de gasoductos. Por otra parte, a través de su sociedad controlada, Telcosur S.A. ("TELCOSUR"), TGS ha comenzado a incursionar en el área de las telecomunicaciones convirtiéndose en un importante "carrier de carriers" en su área de servicios.

2.2 INSTALACIONES

El sistema de transporte de TGS posee una extensión de 9.125 km., con una potencia instalada de 777.100 HP, que está distribuido en 32 plantas compresoras. La red de gasoductos conecta las reservas de gas del sur y el oeste del país con los principales centros

de consumo de aquellas áreas, incluyendo el Gran Buenos Aires y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, que es el principal centro de consumo de gas natural de la Argentina.

El complejo General Cerri procesa gases provenientes de las cuencas Neuquina (Gasoductos Neuba I y II), Golfo de San Jorge y Austral (Gasoducto San Martín). Esto es consecuencia de su ubicación estratégica dentro del sistema de transporte de gas natural de la Argentina. Mediante tres trenes criogénicos y dos de absorción, TGS separa CO², etano, propano, butano y gasolina natural. Estos productos son almacenados parcialmente en el Complejo Cerri y la Planta de Galván, con el fin de ser comercializadas en el mercado local y de exportación.

Telcosur S.A. es una compañía de telecomunicaciones perteneciente a TGS, que comenzó a operar en 1998, para aprovechar los activos y la infraestructura de la compañía. La empresa brinda servicios como “carrier de carriers”, lo que la posiciona como una transportista de capacidad para operadores telefónicos y para otros grandes usuarios corporativos. La red de Telcosur está compuesta por un moderno y flexible sistema troncal de radio enlace terrestre digital, con tecnología SDH (Synchronous Data Hierarchical).

Actualmente, TGS presenta una activa participación en proyectos para el manejo del gas natural y sus productos desde la boca de pozo hasta su entrega a los sistemas de transporte o distribución, logrando un posicionamiento de relevancia a través de la concreción de negocios, generando así alternativas de negocios innovadores e integrando tanto los aspectos críticos de cada proyecto (financieros, constructivos, operativos, regulatorios, etc.) como las distintas etapas en cuanto a su alcance.

2.3 INNOVACIÓN TECNOLÓGICA

Desde sus comienzos, TGS se esfuerza por mejorar y actualizar la tecnología para incrementar la confiabilidad del servicio de operación del sistema de transporte. La adopción del sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), por ejemplo, fue una decisión estratégica para obtener el mayor grado de normalización y flexibilidad, que le permitió mejorar la integración del sistema con el resto de la infraestructura corporativa.

La implementación de estas tecnologías minimiza la complejidad y los costos asociados al desarrollo y mantenimiento de interfaces entre los distintos sistemas operados

por TGS. Además, la seguridad y confiabilidad en la conducción de operaciones son desde siempre, prioridades para TGS. A través de los programas de inversión y mantenimiento que la empresa ejecuta desde sus comienzos, logra expandir y optimizar la prestación de sus servicios.

TGS toma esta decisión estratégica para obtener el mayor grado de normalización y flexibilidad posible, además de mejorar la integración del sistema con el resto de la infraestructura corporativa. El sistema cuenta además con estaciones de operación distribuidas sobre las redes Local Área Networks (LAN) y Wide Área Networks (WAN), con acceso a datos en tiempo real y a datos históricos, y con alarmas y eventos. Esta información es utilizada principalmente por el Área de Gas Control para la operación del sistema de transporte, y por las distintas Áreas de Medición con propósitos de mantenimiento. El sistema de transporte de gas natural cuenta con 84 equipos turbocompresores instalados, de los cuales 75 son requeridos en servicio para cumplir con los caudales asociados a contratos firmes de transporte. De ellos, 43 (el 57% del total) son marca Solar, modelos Saturno, Centauro, Taurus y Mars 90/100. También, la empresa dispone del conocimiento necesario para realizar mantenimientos mayores de equipos turbocompresores Sola Mars 90 y Mars 100, lo que sumado a la habilitación de una nueva sección específica del Taller de Turbomáquinas propio, instalado en el Complejo General Cerri de Bahía Blanca, permite optimizar tiempo y costos de operación y mantenimiento.

2.4 PROCESO DE GESTIÓN DE REPUESTOS

Dentro del complejo de General Cerri, existe un almacén central de repuestos, cuya función es proveer de los repuestos necesarios, en tiempo y forma, a las distintas plantas que lo requieran. La gestión de dichos repuestos está centralizada en el área de Planificación y Control de mantenimiento. En esta área se realizan los estudios necesarios para definir que repuestos son críticos para el mantenimiento de los equipos en general. Para esto se analizan la criticidad del equipo involucrado dentro del proceso y el impacto sobre la producción que generaría tener dicho equipo fuera de servicio. Una vez que se definen los repuestos, se codifica el material en el sistema y se gestionan las autorizaciones correspondientes para que se dé el de alta a dicho repuesto como stock de seguridad dentro del sistema SAP. Finalizados estos pasos, se procede a generar las solicitudes de pedido a abastecimiento para que se gestione la compra de dicho repuesto.

Todos los meses se realizan análisis de los repuestos consumidos y se procede a librar las órdenes de compra de estos repuestos. La empresa utiliza las siguientes definiciones relacionadas con la gestión de repuestos:

2.4.1 Definiciones

- **Repuesto planificable:** Es todo aquel elemento al cuál se le han creado las vistas de planificación dentro del Maestro de Materiales (MM) existente en el sistema SAP.
- **Vistas de Planificación:** Son las cuatro vistas del material donde se consignan datos que hacen a su planificación como el stock de seguridad, el plazo de entrega, forma de planificación, tamaño de lote y planificador de necesidad que lo agrupa.
- **Planificador de Necesidad:** Es un número que identifica un conjunto de repuestos asociados a una marca de equipo o repuestos vinculados a un sector.
- **Stock de Seguridad:** Es aquella cantidad de repuestos a tener en estanterías de almacén y/o trámite de compra, ya que su falta pone en riesgo la continuidad operativa de un equipo / planta ante un paro imprevisto del mismo.
- **Consultor de planificador:** Persona que determina la real necesidad de compra de los repuestos planificados en el Planificador de Necesidad del cual es responsable. Además debe recepcionar los boletines de Servicio de los fabricantes de equipos Turbocompresores, Moto generadores y Motocompresores e informar al Gerente Operativo de Transporte y Mantenimiento las novedades técnicas de riesgo.

2.4.2 Procedimiento

TGS trimestralmente realiza una consulta en SAP MM a través de la transacción MD07 para obtener las necesidades de compra de los repuestos planificados, aplicando la transacción a cada Planificador de Necesidad.

Esta necesidad surge cuando la siguiente ecuación es negativa:

(Existencias + Trámite de compra y/o Reparación) - (Stock de Seguridad + Reservas)

Una vez determinada la real necesidad de adquisición interactuando con los responsables Consultores de cada Planificador, Planificación y Control del Mantenimiento (PCM) confecciona las solicitudes de pedido necesarias para gestionar la reposición del material.

Las solicitudes de pedido que se generen son liberadas según lo establezca la escala de liberación prevista en SAP MM. Superada esta etapa, a través del formulario originado por la transacción ZM42 de SAP se conoce cuál es el stock actual de cada elemento (identificado con su N° SAP, Grupo de artículo y N° de parte), cuál es su stock de seguridad y la correspondiente solicitud de compra o pedido de compra generado para cubrir su déficit, así como su tiempo de espera. Este procedimiento se repite para cada uno de los materiales.

CAPITULOS 3

LA IMPRESIÓN 3D

Hasta no hace mucho tiempo, el mundo de la información y el mundo físico se mantenían separados. Las computadoras se utilizaban para crear archivos de Word y Excel, descargar MP3 de Internet o postear una foto; lo que las computadoras no podían hacer era crear cosas directamente en el mundo físico. Mediante la impresión 3D esta barrera que existía entre el mundo informático y el mundo físico se rompe y ahora se puede crear objetos sólidos tridimensionales superponiendo finas capas de material partiendo de un modelo digital creado en un software.

La historia de la impresión 3D se remonta a 1984, cuando Charles Hull experimentando con resinas líquidas notó que se solidificaban con la exposición a la luz ultravioleta. Hull se dio cuenta que con un rayo láser se pueden solidificar sólo ciertas partes de la resina, formando una película en la que las partes sólidas representan un corte transversal de un objeto tridimensional (Hull, et al., 1995).

A través del control del movimiento del láser con una computadora, Hull desarrolla un sistema que dibujaba el objeto capa por capa en una batea de resina líquida. El rayo trazaba el patrón del corte transversal en la superficie de la resina y, una vez solidificado el patrón, la batea se bajaba un poco para sumergir la capa ya dibujada y empezar a trazar el patrón en la siguiente capa. Así, a través de la construcción de una capa sumada a la otra, la máquina de Hull logró imprimir un objeto en tres dimensiones. En 1986, el inventor obtuvo la patente de su nuevo proceso, al que llamó estereolitografía, y fundó la empresa 3D Systems, que hoy en día está entre las líderes mundiales del mercado de impresoras 3D.

En el Anexo B se presenta una línea de tiempo que muestra la evolución de esta tecnología. Algunos autores como Vazhnov (2013) consideran que en un plazo no muy lejano la tecnología 3D será una tecnología universal para mover y ubicar materia en el espacio. Si consideramos que las cadenas de montaje, los sistemas de abastecimiento y transporte, la construcción de casas, incluso la preparación de comida y un sinnúmero de otras acciones son, en el fondo, patrones complejos de movimiento y ubicación de materia en el espacio; y probablemente, con el paso del tiempo todas estas actividades se verán transformadas por la tecnología 3D.

3.1 UNA TECNOLOGÍA QUE ESTÁ CAMBIANDO EL MUNDO

La tecnología de impresión 3D está asociada a la etapa inicial del mayor cambio tecnológico de los últimos años. Hasta ahora producíamos sillas, mesas, máquinas y sus repuestos que luego necesitamos transportarlos de un país a otro usando barcos y camiones para llegar a los puntos de venta; y finalmente necesitamos una red gigante de comercialización que almacene y distribuya todo esto al consumidor. Cuando las cosas físicas se mueven digitalmente, el control de las fronteras de los países pierde sentido. ¿Qué significaría prohibir la importación de ciertos ítems si uno puede bajarlos en un sitio como thingiverse.com e imprimirlo en casa o en algún estudio de impresión próximo?

Parece imposible pero no lo es, de hecho, mandar muebles y objetos de diseño como archivos digitales para imprimir ya es posible desde hace tiempo. Empresas como Shapeways y Freedom of Creation usan el transporte digital para instantáneamente subir las nuevas creaciones de sus diseñadores y para mandar objetos a imprimir al lugar más cercano al consumidor. Además, las impresoras 3D no son un invento nuevo: las primeras fueron creadas en los años 80 por empresas como 3D Systems y Stratasys; y ya tienen más de dos décadas de uso industrial.

La razón por la que estas tecnologías aumentaron recientemente su popularidad es porque los avances en software, hardware y materiales llegaron a un nivel crítico en términos de calidad y precios. Eso hizo que las impresoras 3D comiencen a ser accesibles al nivel de uso masivo en una gran variedad de negocios.

Por ejemplo, suponga el caso de una turbina MARS, que fue montada en San Diego, Estados Unidos por una empresa americana llamada SOLAR. La turbina tiene más de 12000 partes distintas –alavés, rotores, quemadores, toberas, sistemas de control, sistemas de fuego y gas, entre otras, que provienen de alrededor de cien proveedores diferentes de Europa, Asia, Estados Unidos y Canadá. Las partes como el sistema de control o instrumentos de medición, son en sí productos muy complejos que también tienen subcomponentes, que provienen de otra serie de proveedores. Por lo tanto, cabría imaginar barcos enormes atravesando océanos para llevar partes de Japón y Alemania a Estados Unidos para montar la turbina y mandar el producto terminado a Argentina, México, Arabia, entre otros países. El petróleo gastado para hacer este movimiento de materiales alrededor del mundo, el tiempo perdido en cargar y

descargar estos barcos, y después cargar y descargar los camiones que los llevan a las plantas supone un costo importante en el bien final. Un alto porcentaje del costo en la mayoría de los casos son los recursos involucrados en el traslado de un lugar a otro. Administrar esta cadena de abastecimiento es una tarea de logística compleja y enorme y representa uno de los desafíos más grandes de una empresa como SOLAR. En términos generales puede decirse que la gestión de abastecimiento es una parte central de cualquier empresa que produce productos físicos.

Aunque las impresoras 3D todavía están muy lejos de poder imprimir un objeto como una turbina MARS completa, ya hay muchos productos, y cada vez hay más, donde las posibilidades de no tener que enviar físicamente el producto o repuesto de un lugar a otro es mucho más cercana: en vez de mandar productos y partes, las empresas van a intercambiar archivos digitales por Internet, como sucede hoy con los archivos PDF. Dicho de otra manera, el transporte de productos físicos va a volverse puramente digital, y esto implica un cambio disruptivo para las empresas de transporte y logística. En cada industria donde la calidad de la impresión 3D llega a ser suficiente para imprimir las partes necesarias, las cadenas de abastecimiento pueden ser reducidas o, en algunos casos, completamente eliminadas.

Esta tecnología tendrá un fuerte impacto sobre los costos de gestión de inventarios, que pueden bajar dramáticamente porque las empresas no necesitarán almacenar partes que pueden imprimir. Este supone un catálogo de componentes disponible digitalmente y la impresión de piezas solo cuando sean necesarias. Más importante aún, la manufactura a base de impresión 3D se va a radicar localmente, en el punto donde se consumen los productos. Y por lo tanto no tendrá sentido terciarizar la producción a regiones con la mano de obra más barata, como China o Vietnam, si se puede imprimir estos productos en la propia fábrica.

Finalmente, las impresoras 3D pueden poner el fin al fenómeno de “obsolescencia planeada”. Hoy, si se rompe una parte de algún producto es muy difícil reemplazarla porque la empresa que produjo el bien ya tiene un nuevo modelo. En muchos casos suele ser más fácil descartar el producto entero que conseguir un repuesto. Por supuesto, esta modalidad es muy conveniente para la empresa ya que también prefiere que se compre un nuevo producto en vez de reparar uno antiguo. Con la mejora de los servicios de impresión 3D probablemente sea más fácil reemplazar partes rotas y extender así el uso de los bienes.

Por este motivo, las empresas que entiendan este cambio que se está comenzando a dar en el mundo, van a ser las empresas líderes en un futuro. Quien se pueda adelantar en la utilización de esta tecnología de manera conveniente para su empresa, va a estar un paso adelante cuando esta revolución comience a hacerse realidad.

3.2 PROCESO DE SELECCIÓN DE UNA IMPRESORA 3D

De acuerdo a Vazhnov (2013) el proceso de selección de una impresora 3D no es una tarea sencilla, y para esto se deben tener en cuenta tres perspectivas fundamentales:

- Las características de desempeño de las impresoras 3D.
- Las distintas tecnologías de impresión 3D disponibles.
- Los usos principales de impresión 3D.

3.2.1 Características de desempeño de las impresoras 3D

Las impresoras 3D pueden evaluarse en función de las siguientes características:

- Resolución de capa: la resolución de capa es la altura de la capa de plástico. Se suele medir en micras (1 micra o micrómetro (μm) = 1 milésima parte de milímetro). Se pueden encontrar resoluciones desde los $100\mu\text{m}$ en las impresoras domésticas actuales. La tendencia es que los fabricantes están consiguiendo mejorar la resolución y por tanto la calidad de la impresión.
- Ancho de capa: el ancho de capa, que depende de la velocidad y cantidad de extrusión de plástico, es la dimensión del ancho de la línea de extrusión. No es un parámetro realmente determinante para la calidad de la impresión y, por esta razón, las marcas no lo especifican en las características de sus impresoras.
- Volumen de construcción: es el volumen total que es capaz de imprimir una impresora. En el mercado podemos encontrar impresoras de volúmenes relativamente pequeños y de gran capacidad.
- Superficie de la plataforma: las dimensiones de la plataforma pueden ser un factor determinante para la elección de impresora, ya que influye directamente en el

volumen de impresión. Pero no sólo debemos tener en cuenta su tamaño, la capacidad calefactable también es un punto importante a tener en cuenta si se pretende imprimir en Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS) u otros materiales que necesiten calor en la superficie para adherirse de manera adecuada o para evitar warping.

- **Calibración de la plataforma:** una de las operaciones que normalmente hay que realizar sobre una impresora 3D es calibrar su plataforma de impresión, para que la cabeza extrusora se desplace por toda su superficie a la misma distancia y depositar así el plástico adecuadamente. Si la separación entre la cabeza y la plataforma es excesiva, las sucesivas capas de plástico no tendrán suficiente contacto, construyendo un objeto con rugosidades y, en casos extremos, fallando en la impresión al comenzar sobre la plataforma. Si se acerca demasiado la cabeza a la plataforma, ésta rozará en exceso la superficie produciendo arañazos, entre otros problemas. Muchas de las impresoras 3D del mercado necesitan una nivelación manual. La nivelación manual se realiza sobre tres puntos espaciados de la plataforma para asegurar la correcta calibración. Un método válido y muy utilizado, es pasar una fina tarjeta entre la cabeza y la plataforma comprobando que existe el espacio adecuado. Algunas máquinas se ajustan a través de controles giratorios que suben y bajan la plataforma de forma mecánica. Otras llevan estos ajustes automatizados electrónicamente sobre su panel de control.
- **Tipos de movimiento de la cabeza extrusora y la plataforma:** en ocasiones se encuentran sistemas cuya cabeza extrusora se mueve sobre el eje X-Y, esto es, horizontalmente sobre la superficie de la plataforma, y ésta última se desplaza sobre el eje Z, es decir, verticalmente. Otras máquinas, como la RepRap Prusa Mendel, mueven la cabeza sobre los ejes X-Z, mientras que la superficie cubre el eje Y. El caso de las impresoras tipo Delta es el más particular. Su sistema de varillas le permite un movimiento completo sobre los tres ejes X-Y-Z.
- **Precisión de la cabeza extrusora:** este parámetro se refiere a la precisión del movimiento sobre los tres ejes. La fidelidad de la reproducción con respecto al diseño original depende en gran medida de esta precisión. Sobre todo en piezas de pequeño

tamaño. La MakerBot Replicator 2 declara en los ejes XY: 11 micrones [0.0004 pulgadas]. Y en el eje Z: 2.5 micrones [0.0001 pulgadas].

- **Material de impresión:** A la hora de elegir impresora de filamento, el tipo de plástico es uno de los factores más importantes: no es lo mismo el Poliacido Láctico (PLA) que el ABS. El PLA tiene un aspecto más brillante que el ABS. Sin embargo, el ABS es más flexible que el PLA. El PLA no necesita una plataforma calefactable y se puede imprimir a temperatura ambiente. El ABS sí necesita una superficie caliente para adherirse convenientemente y evitar además el combado del plástico al enfriarse de forma brusca. Hay dos medidas estandarizadas de filamento disponibles en el mercado: 1,75mm y 3,00mm. La cabeza extrusora de una impresora es compatible con uno sólo de estos diámetros. Algunas impresoras permiten intercambiar la extrusora para utilizar las dos medidas. El auge de la impresión doméstica ha facilitado el desarrollo de nuevos materiales y compuestos en forma de filamento, como el Laybrick o el Filaflex. Algunos de estos nuevos compuestos necesitan que se ajusten algunos parámetros de impresión, como la temperatura del extrusor o la velocidad de impresión. Los filamentos flexibles y/o elásticos no son compatibles con todos los extrusores. Sus características técnicas necesitan de una velocidad más baja de impresión y un extrusor que evite el atasco en su interior (clogging). Si se selecciona una impresora SLA (estereolitográfica), hay que considerar el alto coste de la resina para impresión 3D. Además de esto, a diferencia de la impresión Modelado por Deposición Fundida (MDF) de filamento de plástico, una vez impresa una pieza de resina se debe tener un tiempo bajo una lámpara UV para la curación del interior de las piezas. Una de las ventajas de esta impresora es que la resolución supera a la impresión FDM típica de filamento de plástico.
- **Interface de usuario y software:** Se puede afirmar que casi todas las impresoras domésticas del mercado pueden ser usadas con software open-source, como Skeinforge, Slic3r, Cura, Reprnapper o SFACT. En este caso es necesario configurar las características de la impresora, indicando temperaturas de extrusión, velocidad, etc. Otras impresoras disponen de su propia interface de usuario personalizada, como las MakerBot, con el MakerBot Desktop, ya preparado para sus modelos y con

perfiles asociados a sus impresoras. Grandes firmas, como Microsoft en Windows o Adobe con Photoshop, ya se han adaptado a la impresión 3D.

- **Estructura y materiales de construcción:** En las impresoras RepRap, la mayor parte de sus piezas son construidas con otra impresora 3D. Estas piezas son sustituibles fácilmente y están impresas en ABS o PLA. La estructura principal suele ser de aluminio. Otras impresoras 3D comerciales utilizan también el aluminio y el plástico para las partes fundamentales de la máquina. En el sistema de posicionamiento tienen correas dentadas que no necesitan de gran mantenimiento. Lo más importante es la rigidez de la estructura. Hay que tener en cuenta que la cabeza de impresión realiza movimientos continuos de cambios de dirección, a menudo muy rápidos y frecuentes. Una estructura demasiado endeble provoca imprecisión y desajustes mecánicos no deseados. Lo más acertado es seleccionar una impresora con estructura muy rígida y estable.
- **Pantalla de control:** las impresoras comerciales disponen de pantallas de control en la propia impresora, que permiten cierto control manual desde ellas. Allí se puede realizar un cambio de filamento, calibrar la plataforma y otras opciones muy útiles. Una de las pantallas de control más avanzadas se encuentra en las Replicator de quinta generación.
- **Soporte al cliente y repuestos:** Es importante resaltar la necesidad de un buen soporte al cliente por la complejidad de las operaciones de impresión. No todas las compañías ofrecen servicios post venta, y, algunas de ellas, sólo a través de modalidad telefónicamente u online. Esto, junto con el adecuado suministro de recambios es fundamental para seleccionar cualquier tipo de impresora.

3.2.2 Tecnología de Impresión 3D

Las tecnologías de impresión 3D pueden ser categorizadas de acuerdo a Vazhnov (2013) en seis grupos principales: extrusión, soldadura con ayos de electrones, fusión selectiva de sustancias pulverizadas, impresión por inyección de adhesivo, manufactura de objetos laminados y fotopolimerización.

- ***Extrusión***

Esta categoría agrupa a todas las tecnologías de impresión 3D que utilizan una boquilla por medio de la cual se extrude el material de impresión. El movimiento de la boquilla está controlado por una computadora en tres dimensiones. Moviéndose capa por capa, la boquilla deposita material para construir la forma deseada.

En términos de la gama de materiales, es una categoría muy versátil ya que distintos tipos de impresoras pueden extrudir una gran variedad de materiales, desde plásticos como ABS, policarbonato, polifenilsulfona hasta alimentos como chocolate u otros insumos de pastelería. Las impresoras de órganos y tejidos de uso médico también funcionan normalmente a partir de la extrusión de material.

Un ejemplo de una tecnología de extrusión es MDF. Con esta tecnología, un filamento de termoplástico o de metal se extrude a través de una boquilla que tiene la temperatura necesaria para fundir el material. Al salir de la boquilla, el material se solidifica y la boquilla se mueve a la siguiente posición. Fue inventada por Scott Crump en 1988, quien después fundó la empresa Stratasys para comercializar impresoras 3D con la tecnología MDF. Esta tecnología es usada por las impresoras 3D de bajo costo como MakerBot, RepRap, y HyRel.

- ***Soldadura con Rayos de Electrones***

Es una tecnología de soldadura creada en la NASA y ahora conocida en inglés como EBF3 (Electron Beam Free Form Fabrication). Fue desarrollada para imprimir en 3D con metales y aleaciones como titanio, tungsteno, aceros, níquel y otros.

En este proceso, un rayo de electrones derrite un filamento que suministra el material y crea un pequeño charco de metal derretido que se mueve en una plataforma agregando el material capa por capa con la forma del objeto que se desea imprimir. Una vez que el rayo se apaga o se traslada, el metal se solidifica.

- ***Fusión Selectiva de Sustancias Pulverizadas***

Es un conglomerado de tecnologías diferentes que comparten el mismo principio: la impresora coloca una capa muy fina de polvo de algún material en una plataforma y

después genera fusión selectiva del material en cada capa, dibujando el patrón del corte transversal del objeto. Se utilizan distintos mecanismos, como sinterizado selectivo de láser, fundido por láser o impresión por inyección de adhesivo, entre otros. Una vez solidificado el patrón de una capa, la impresora coloca la siguiente capa de polvo. Al final del proceso, el material que sobra puede ser usado como insumo para las próximas impresiones.

i) Sinterizado Selectivo de Láser (Selective Laser Sintering) es la tecnología más común para imprimir con metales y aleaciones. La impresora coloca una capa de polvo metálico y la sinteriza con un rayo de láser. Sinterización se refiere a un tratamiento térmico que crea enlaces entre las partículas del polvo usando temperaturas inferiores a la temperatura de fusión del material.

ii) Asimismo, existen las variaciones del proceso que operan a temperaturas más altas y causan la fusión del material. Fundido Selectivo de Láser (Selective Laser Melting) este sistema utiliza láser para fundir el polvo mientras que el Fundido por Rayo de Electrones (Electron Beam Melting) usa electrones para generar el tratamiento térmico.

- ***Impresión por Inyección de Adhesivo***

En este proceso se usa polvo de varios tipos de plásticos, resinas, maderas y otros materiales. La impresora coloca una capa de polvo y el cabezal inyecta una solución adhesiva para, selectivamente, coagular las partículas de polvo en el patrón del corte transversal del objeto.

La ventaja de este proceso es que se puede usar una gran variedad de polvo, incluidos aquellos hechos a partir de materiales reciclados. La impresora también puede agregar un colorante a la solución adhesiva de forma programada y, de esta manera, imprimir objetos en color. Las primeras impresoras de este tipo fueron desarrolladas por Z-Corporation, que fue adquirida por 3D Systems en enero de 2012.

- ***Manufactura de Objetos Laminados***

Las impresoras que utilizan esta tecnología usan un proceso muy distinto, que, técnicamente, no puede ser llamado proceso aditivo. El insumo es un rollo de papel laminado con adhesivo de un lado.

La impresora extiende una capa de papel sobre una plataforma, y un rulo caliente aplica calor para activar el adhesivo y pegar la capa a la parte del objeto ya construida (o a la plataforma si es la primera capa). Una vez pegada la capa, un rayo de láser corta el patrón del corte transversal del objeto en el papel, la plataforma baja para poder extender la próxima capa, y el proceso se repite.

La ventaja de este proceso es el bajo costo del insumo y que permite imprimir objetos de tamaño más grande que otras tecnologías. Las piezas terminadas tienen la dureza de la madera y pueden tener un acabado parecido a ese material.

- ***Fotopolimerización***

Con la Fotopolimerización se usan resinas líquidas que se solidifican con la luz. Hay dos variedades principales: i) Estereolitografía y ii) Procesado Digital de Luz (Digital Light Processing).

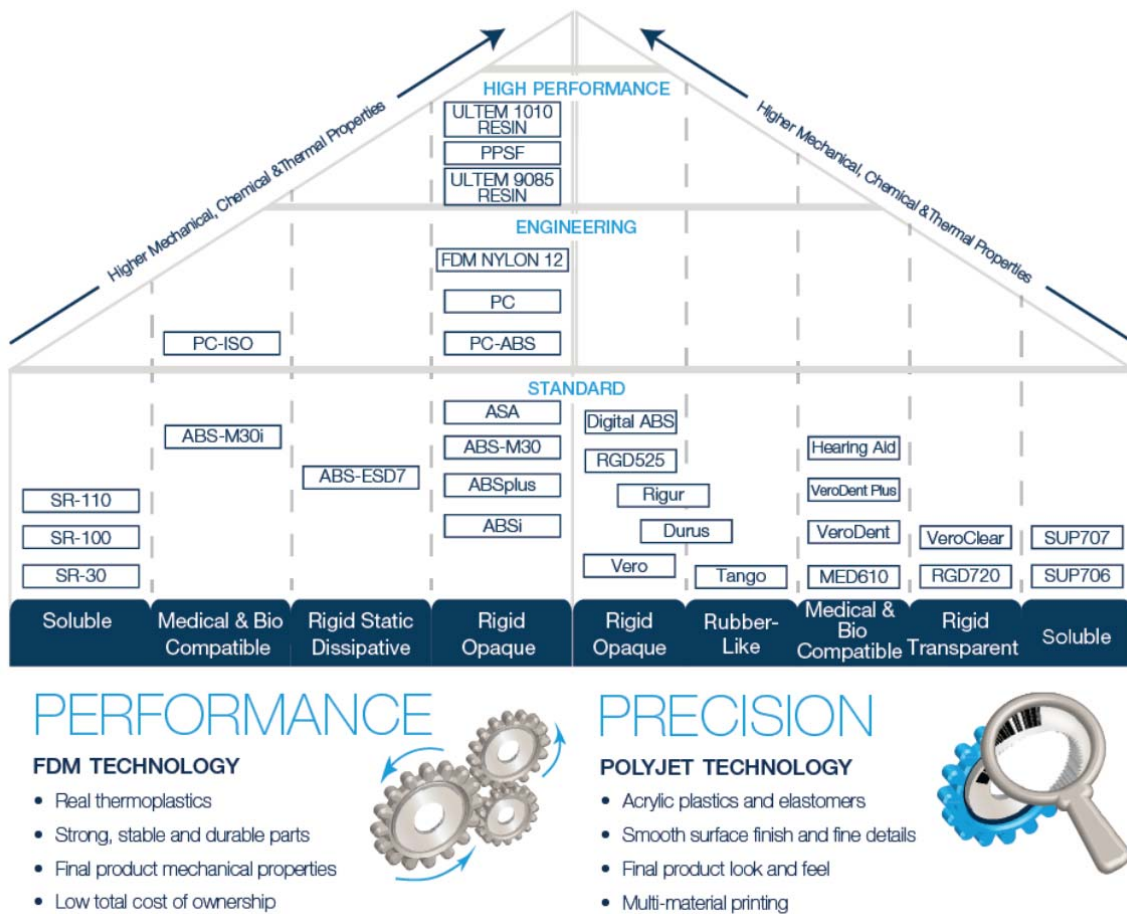
En la estereolitografía, la resina es solidificada por un rayo de láser ultravioleta. Es el primer proceso de impresión 3D inventado por Charles Hull en 1984. Mientras que la Tecnología del Procesado Digital de Luz utiliza un proyector para proyectar un patrón de luz que solidifica el material.

En ambos casos, el insumo líquido es colocado en una batea, y la luz es proyectada capa por capa en el patrón de cada corte transversal del objeto. Una vez que se solidifica la capa actual, la batea baja para empezar a proyectar la siguiente capa. Existen también variaciones donde la batea queda en la misma posición y lo que se mueve es la plataforma que sostiene el objeto.

3.2.3 Los usos principales de la impresión 3D

Como se explicitó, los usos de las impresoras 3D son muy amplios, se pueden aplicar a la impresión de repuestos para la industria y en particular para la empresa TGS. La selección de la impresora para esta aplicación se realiza en función de la revisión bibliográfica, la tecnología existente y las experiencias de otras empresas. A modo de ejemplo se representa en la figura 1 la tabla de selección de una impresora de la empresa Stratasys.

Figura 1. Selección de la impresora de la empresa Stratasys



Fuente: Stratasys White Paper, "FDM and PolyJet 3D Printing" - Fred Fischer

3.3 VENTAJAS Y DEBILIDADES DE LA IMPRESION 3D

3.3.1 Ventajas

- Mayor eficiencia en el uso de recursos: A través de los procesos de sustracción (torno o fresadora) normalmente se pierde una gran cantidad de material.
- Menor costo a pesar de la complejidad: El agregar complejidad al objeto no implica ningún costo adicional. Las impresoras no discriminan de acuerdo al patrón (cuadrado, triangular, o una imagen bien definida). De hecho muchos de los entusiastas de la impresión 3D hacen reproducciones humanas con el programa de iPhone 123D Catch). El hecho de que la complejidad no aumente el costo implica cambios revolucionarios para cualquier industria que pueda utilizar tecnologías de impresión 3D. Con las tecnologías tradicionales utilizadas en la actualidad cualquier cambio o ajuste a una pieza implica mayores costos en tiempos y recursos.
- Control sobre la estructura interior de los objetos y ahorro de materiales: el ahorro en el uso de insumos se da no solo al evitar el desperdicio propio de los procesos de sustracción, sino también –y más importante aún– porque, usando la complejidad se puede construir la estructura interior de los objetos de una forma mucho más optimizada. En lugar de realizar objetos sólidos por dentro, los diseños pueden tener en el interior una grilla fina de material calculada por el software con el fin de sostener la estructura y optimizar la cantidad de material necesario para darle la rigidez deseada.
- Mayores posibilidades de diseño: Al poder controlar la forma de los objetos con una complejidad sin límites se abren nuevas posibilidades de diseño nunca imaginadas hasta la actualidad.

3.3.2 Debilidades

- Materiales a utilizar: La limitación más importante que existe hoy es la capacidad que poseen las impresoras de utilizar una amplia gama de materiales, recientemente

surgieron tecnologías de impresión a partir de titanio, cerámica, aluminio y vidrio, igualmente todas estas tecnologías se encuentran actualmente en etapa de desarrollo.

- Calidad de impresión: Si bien esto es algo que ha mejorado en los últimos años, la calidad de terminación que se logra con otro tipo de procesos constructivos supera a lo que se consigue con la impresora 3D.
- Tiempo de impresión: El proceso de impresión 3D lleva mucho más tiempo en comparación con el proceso de producción tradicional en base de moldes.
- Masividad: Todavía no es posible el uso de la impresión 3D en la producción masiva de objetos.

3.4 EL NUEVO INTERROGANTE DE LA PROTECCIÓN INDUSTRIAL

Se suele hablar de la patente como una modalidad de propiedad industrial que fomenta la innovación recompensando al inventor, sin embargo, muchas veces las mismas dificultan la evolución de una determinada tecnología, y algo de eso se evidencia en el mundo de la impresión 3D. Por Sin embargo, con la liberación de patentes clave al dominio público, se ha avanzado en nuevas tecnologías. En febrero de 2014 las patentes relacionadas con la impresión 3D de más alto rendimiento comercial, fueron liberadas, lo que puso al alcance de todo aquel interesado, la información necesaria para llevar a cabo la fabricación, no sólo de una impresora 3D, sino del método de fabricación de los productos y sus planos. En consecuencia, tanto los planos de las patentes de las impresoras 3D, como los detalles de la tecnología, y los planos de los objetos reproducibles mediante impresión 3D se han hecho accesibles a cualquier interesado. Esto hace que más empresas comiencen a desarrollar esta tecnología en sus diversos campos de aplicación, siendo más asequible.

La impresión en 3D proporciona una trascendente facilidad para vulnerar marcas tridimensionales, diseños industriales, y algunas clases de obras que actualmente están menos afectadas por la piratería, como las esculturas, obras pictóricas e incluso obras arquitectónicas y de ingeniería. Esta apertura de patentes da como resultado un mundo donde las copias

físicas tienen la calidad digital, y por lo tanto en términos prácticos, no va a tener sentido hablar de los productos falsos o de las esculturas originales.

Con el paso del tiempo es probable que esta tecnología forme parte de las empresas y también de los hogares. En materia de propiedad industrial, producirá consecuencias jurídicas en todas sus modalidades, patentes y modelos de utilidad, marcas y diseños industriales.

CAPITULO 4

ANÁLISIS DE STOCKS DEL ALMACÉN DE CERRI

4.1 INTRODUCCIÓN AL ANÁLISIS DE STOCK

En el siglo XIX, Vilfredo Pareto, en un estudio sobre la distribución de la riqueza en Milán, descubrió que 20% de las personas controlaban 80% de la riqueza. Esta lógica de la minoría con la mayor importancia y la mayoría con la menor relevancia se amplió para estudiar muchas situaciones, y en la literatura se conoce como el Principio de Pareto. Esto se aplica a los sistemas de inventario, donde unas pocas piezas representan la mayor parte de la inversión en stocks.

Cualquier sistema de inventario debe especificar el momento de pedir una pieza y cuántas unidades ordenar. Casi todas las situaciones de control de inventarios comprenden tantas piezas que no resulta práctico crear un modelo y dar un tratamiento uniforme a cada una. Para evitar este problema, el esquema de clasificación ABC divide las piezas de un inventario en tres grupos: inversión alta (A), inversión moderada (B) e inversión baja (C) (Chase y Aquilano, 2000; López Fernández, 2004). Por lo tanto utilizando este análisis se realiza un estudio sobre el stock crítico del almacén Cerri de TGS.

4.2 CLASIFICACIÓN ABC

La mayoría de las situaciones de control de inventario involucran tantos artículos que resulta muy complejo modelar y darle un tratamiento integral individualmente. Por tal motivo en la gestión de inventarios es vital realizar una jerarquización de los mismos de acuerdo a sus costos o bien a su criticidad para el proceso de producción. Para esto, se propone utilizar el criterio de Pareto, ampliamente conocido, en el cual unos pocos materiales representan la mayor parte de la valoración del total (Díaz, 1999).

Este enfoque también conocido como clasificación ABC divide el listado de materiales en tres grupos de acuerdo al valor:

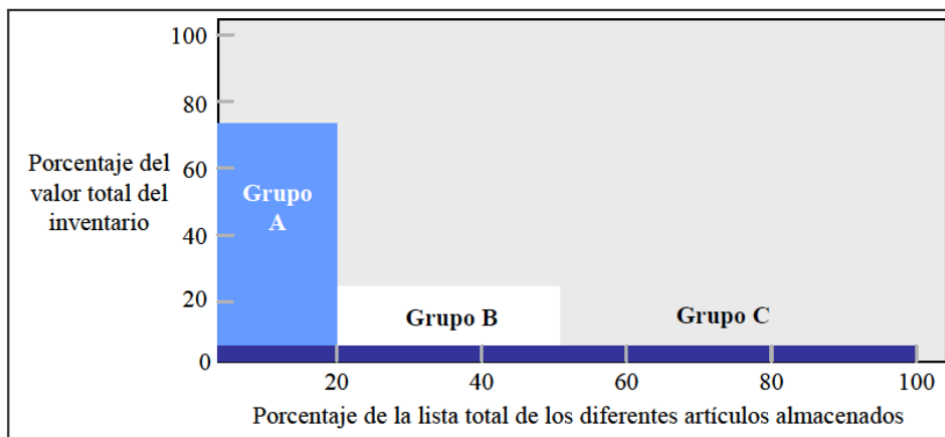
- Grupo A: Aquellos que siendo pocos en cantidad representan un porcentaje relevante en el valor total.
- Grupo B: Artículos que representan un moderado valor.

- Grupo C: Corresponde a una gran cantidad de artículos que representan un pequeño porcentaje del valor total.

Para la segmentación del inventario de acuerdo a la inversión se fijan porcentajes que varían de acuerdo a los datos que se estén manejando, lo importante a considerar para estimar estos porcentajes es concentrar en el grupo A el mayor porcentaje relevante del valor total, pues allí se encuentra condensada la mayor inversión del inventario.

Generalmente, el grupo A representa un 70% del valor y un 20% en cantidad. Al grupo B se le atribuye un 30% del valor total y un 30% en cantidad, mientras el C un volumen alto de cantidad, 50%, y sólo el 10% en términos de valor (Chase, 2000). En la figura 2 se pueden observar las participaciones de las tres categorías.

Figura 2. Clasificación ABC del inventario



Fuente: Chase (2000).

Esta clasificación permite aplicar el concepto de que el mayor esfuerzo en la realización de la gestión debe focalizarse sobre una pequeña cantidad de materiales, el grupo A, mientras que sobre el grupo C, que representa un gran número de artículos, se debe realizar una gestión menos rigurosa.

La clasificación ABC se puede implementar a través de una sucesión de pasos sencillos de acuerdo a Díaz (1999)

- a) Obtener para cada artículo el precio ponderado y la cantidad del mismo en un período preferiblemente de un año.
- b) Calcular la inversión total multiplicando ambos valores.
- c) Ordenar los ítems de mayor a menor de acuerdo al valor de la inversión.
- d) Calcular la participación de cada ítem en el total.
- e) Calcular la frecuencia acumulada de todos los ítems.
- f) Segmentar la frecuencia acumulada hasta llegar al valor indicativo para el grupo A (70%); el grupo B (20%) y el grupo C (10%). Para así agotar la cantidad de ítems.

De acuerdo a Clase (2000) existen también artículos que aún agrupados como materiales C pueden ser críticos para el proceso de producción y su ausencia puede generar pérdidas considerables. Una forma de controlar este tipo de eventualidades consiste en incorporar este material al grupo A, incluso si su volumen en dinero no lo justifica.

4.3 ANÁLISIS DE LOS DATOS

A continuación se presenta el análisis de stocks del almacén de Cerri de TGS para así determinar si es posible aplicar las tecnologías de impresión 3D a la gestión de repuestos.

4.3.1 Clasificación ABC de repuestos almacén Cerri

Para realizar el análisis de la gestión de stocks y posterior clasificación ABC del inventario de repuestos del Almacén Cerri que posee la compañía TGS en la ciudad de Bahía Blanca se realizaron diferentes actividades: i) relevamiento de la información en los sistemas de la empresa, ii) procesamiento de la información, iii) entrevistas con referentes del área del almacén y finalmente, iv) la aplicación del principio de Pareto.

4.3.2 Relevamiento de la información

La información pertinente para clasificar por valoración el inventario de repuestos fue obtenida a través de transacciones del módulo de gerencia de materiales del sistema SAP. E incluyeron las siguientes categorías de consulta.

- Material: Codificación interna de la compañía

- Almacén: almacén en el cual se encuentra
- Texto breve de material: descripciones breves usadas para identificar a cada material.
- StockSeg: Factor de stock que debe tenerse almacenado
- Precio Actual: Precio unitario del material
- Moneda: Moneda en la cual se encuentra el valor anterior.

Se detectaron un total de 7.700 artículos que involucran rotores, álabes, toberas, etc.. El stock de seguridad de estos artículos asciende a las 41.175 piezas por un valor de 617.939.200 pesos.

4.3.3 Procesamiento de la información

Una vez obtenida toda la información, se unificaron las monedas a fin de valorar todos los ítems en pesos y en número de existencias.

4.3.4 Clasificación ABC: Aplicación del principio de Pareto

El principio de Pareto, o clasificación ABC, se aplicó bajo los siguientes criterios considerando las particularidades de la planta de Cerri.

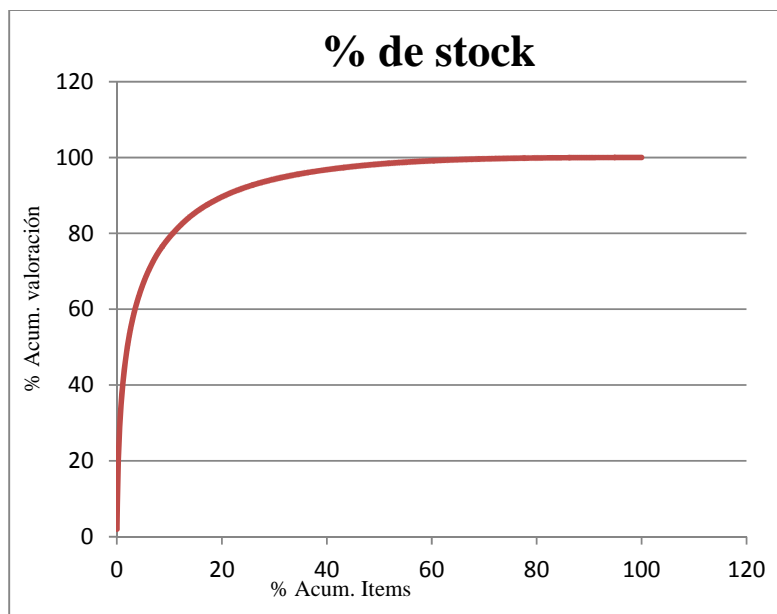
- Grupo A: Representa el 80% de la valoración total en pesos.
- Grupo B: Representa el 15% de la valoración total en pesos.
- Grupo C: Representa el 5% de la valoración total en pesos.

De acuerdo a estos principios y la información relevada se siguieron los pasos detallados en la sección 4.2 para construir la curva ABC. En la tabla 1 se presentan las participaciones acumuladas de cada segmento. Como puede observarse el segmento A representa el 80% del valor del inventario e incluye 831 ítems (10,67%). El Segmento B representa el 15% y comprende un total de 1662 ítems, mientras que el segmento C, tiene una participación del 5% y comprende 5207 ítems. Esto también puede apreciarse en el gráfico 1 donde se presenta la curva ABC.

Tabla 1. Construcción de la curva ABC

Ítem	Descripción	% Acumulado Ítem	% Acumulado Valores	Grupo
1	ROTOR COMPRESOR AXIAL MARS 100	0,0129	1,9909	A
2	CONJUNTO PARTICION Y PALANCA	0,0259	3,9592	
3	ROTOR HP (THM 1203/5,6 MW)	0,0389	5,4331	
4	CAMARA DE COMBUSTION STANDARD	0,0519	6,6212	
5	ROTOR P/COMPR. CENTRIFUGO PCL-503/3	0,0649	7,8078	
6	CONJ. ACOPL Y ROTOR COMPRESOR RV050/04	0,0779	8,9704	
7	TURBINA LIBRE 8 MW	0,0909	10,1270	
...	
831	COJINETE PORTANTE	10,6753	80,0165	B
832	ESTATOR 5° ET. COMPR. AXIAL CENT-4700	10,6883	80,0365	
833	JUEGO DE 5 CARTUCHOS PARA REPUESTO	10,7012	80,0566	
...	
2493	CRUCETA LEVA COMBUSTIBLE	32,3766	95,0150	C
2494	DISCRETE INPUT CARD 32 CHANNELS 24 VDC	32,3896	95,0188	
2495	CARTA DE 8 SALIDAS ANALOGICAS	32,4025	95,0225	
2496	MODULO DE COMUNICACION DH+	32,4155	95,0262	
...	
7700	O'RING	100	100	

Fuente: Elaboración propia

Gráfico 1. Clasificación de artículos a partir de la técnica ABC

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2. Resumen de la segmentación ABC

Grupo	% ítems	% del Valoración	Cantidad de ítems	Valoración
A	10,60%	80%	822	\$484.453.459
B	21,77%	15%	1671	\$92.690.880
C	78,23%	5%	6029	\$30.896.960

Fuente: Elaboración propia

4.3.5 Análisis del grupo A

El grupo A, como objeto de este proyecto, se clasificó en familias de acuerdo a la naturaleza constructiva, con la finalidad de seleccionar el método de impresión más adecuado. Se observa que la mayoría de los artículos son 100% metálicos los cuales se puede reproducir utilizando una impresora 3D con la modalidad “Fusión Selectiva de Sustancias Pulverizadas”.

El 43,52% de los ítems (358 ítems) del grupo A se pueden imprimir con una impresora de este tipo, es decir el 53% de la inversión total en stock crítico se puede reproducir utilizando una impresora 3D. Adicionalmente, se podrían incluir también algunos de los artículos de los grupos B y C de este material que no fueron analizados en este trabajo debido a su bajo impacto en la inversión en inventario.

La aplicación de esta tecnología de impresión 3D reduce el stock inmovilizado de la compañía en 328.803.566 pesos, que implica un porcentaje del total y por lo tanto justifica la inversión en la digitalización de los ítems analizados. La renovación de este stock depende en parte de las fallas que tengan los equipos y de los mantenimientos programados. Si bien las fallas no las podemos cuantificar en tiempo, los mantenimientos programados si, lo que implicaría que este stock inmovilizado se renovarían cada 3 años en un 60% aproximadamente. A continuación en la tabla 3 se muestra un resumen los datos obtenidos del análisis.

Tabla 3. Análisis del grupo A

Ítem	Descripción	% Acumulado Ítem	% Acumulado Valor	Tipo de Impr.
1	ROTOR COMPRESOR AXIAL MARS 100	0,0129	1,9909	Metal
2	CONJUNTO PARTICION Y PALANCA	0,0259	3,9592	Metal
3	ROTOR HP (THM 1203/5,6 MW)	0,0389	5,4331	Metal
4	CAMARA DE COMBUSTION STANDARD	0,0519	6,6212	Metal
5	ROTOR P/COMPR. CENTRIFUGO PCL-503/3	0,0649	7,8078	Metal
6	CONJ. ACOPL Y ROTOR COMPRESOR RV050/04	0,0779	8,9704	Metal
7	TURBINA LIBRE 8 MW	0,0909	10,1270	No
...
880	COJINETE PORTANTE	10,6753	80,0165	No

Fuente: Elaboración propia

Análisis Grupo A		
Tipo de material	% de ítems	Valoración
Metálico	43,52%	\$328.803.566
No metálico	56,44%	\$155.649.893

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO 5

SELECCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE IMPRESIÓN 3D PARA TGS

5.1 SELECCIÓN DE LA IMPRESORA

A partir de los datos analizados se pueden inferir los criterios de selección de impresora de acuerdo a las opciones disponibles presentadas en el Capítulo 3.

El principal uso que la empresa TGS dará a la impresora 3D es la impresión de repuestos 100% metálicos, por esto el método de impresión que se ajusta a este requerimiento es la “Fusión Selectiva de Sustancias Pulverizadas”. En el mercado existen diferentes empresas que producen máquinas de este tipo: a saber i) Electro Optical Systems (EOS); ii) ConceptLaser; iii) SLM Solutions; iv) Phenix; v) Realizer; vi) Sisma.

A continuación se analizan las características de desempeño de las máquinas que fabrican las empresas mencionadas anteriormente a fin de poder compararlas con lo requerido para realizar la fabricación de los repuestos analizados

i) Electro Optical Systems

Technical Data EOS M 400	
Building volume	400 mm x 400 mm x 400* mm (15.8 x 15.8 x 15.8 in) (*including building platform typically 40 mm (1.6 in) thick)
Laser type	Yb-fibre laser; 1 kW
Precision optics	F-theta-lens
Scan speed	up to 7.0 m/s (23 ft/s)
Focus diameter	approx. 90 µm (0.0035 in)
Power supply	50 A
Power consumption	max. 20.2 kW / typical 16.2 kW
Nitrogen generator	integrated
Compressed air supply	7,000 hPa; 20 m³/h (102 psi; 706 ft³/h)
Dimensions (W x D x H; Process Station (with Periphery Station) and Setup Station)	
System	4,181 mm x 1,613 mm x 2,355 mm (164.6 x 63.5 x 92.7 in)
Recommended installation space	min. 6.5 m x 6 m x 3.3 m (256 x 236 x 130 in)
Weight	approx. 4,635 kg (10,218 lb)
Data preparation	
Software	EOSPRINT; EOS RP Tools; EOSTATE; Materialise Magics RP with SG+ and further modules
CAD interface	STL, optional: converter for all standard formats
Network	Ethernet

Fuente: Catalogo "Electro Optical Systems"

ii) ConceptLaser

X line 2000R® TECHNISCHE DATEN

Bauraum LaserCUSING®	800 x 400 x 500 mm ³ (x, y, z)
Schichtstärken LaserCUSING®	30 – 150 µm
Fertigungsgeschwindigkeit LaserCUSING®	bis zu 120 cm ³ /h (abhängig von Material, Parameter, Geometrie)
Lasersystem	2 Faserlaser mit je 1 kW (cw)
Scangeschwindigkeit max.	7 m/s
Focusdurchmesser	ca. 100 – 500 µm
Heizung	9 kW, Maximaltemperatur 200°C
Anschlusswerte	durchschnittliche Leistungsaufnahme 13 kW Stromanschluss 3/N/PE AC 400 V, 63 A, 50 – 60 Hz
Schutzgaserzeugung	1 Gasanschluss verfügbar N ₂ Generator extern (optional)
Schutzgasverbrauch	ca. 17 – 34 l/min*
Abmessungen	5235 x 3655 x 3304 - 3904 mm ³ (B x H x T)
Gewicht	ca. 9200 kg (Leergewicht)
Betriebsbedingungen	15 – 25°C
Erforderliche Anlagenperipherie	Siebstation, Pulversilo
Werkstoffe LaserCUSING®	CL 31AL Aluminium (AlSi10Mg) CL 41Ti ELI** Titanlegierung (TiAl6V4 ELI) CL 100NB Nickelbasislegierung (Inconel 718)

*Schutzgasverbrauch während des Bauprozesses.

**Werkstoff befindet sich aktuell in Vorbereitung.

Fuente: Catalogo "ConceptLaser"

iii) SLM Solutions

Technical Specifications

Build Envelope (L x W x H)	500 x 280 x 365 mm ³ reduced by substrate plate thickness
3D Optics Configuration	Twin (2x 400 W), Quad (4x 400 W) Twin (2x 700 W), Quad (4x 700 W) IPG fiber laser
Build Rate	up to 105 cm ³ /h
Variable Layer Thickness	20 µm - 75 µm
Min. Feature Size	150 µm
Beam Focus Diameter	80 - 115 µm
Max. Scan Speed	10 m/s
Average Inert Gas Consumption in Process	5 - 7 l/min (argon)
Average Inert Gas Consumption Purging	70 l/min (argon)
E-Connection / Power Input	400 Volt 3NPE, 64 A, 50/60 Hz, 8 - 10 kW
Compressed Air Requirement / Consumption	ISO 8573-1:2010 [1.4:1], 50 l/min @ 6 bar
Dimensions (L x W x H)	5200 mm x 2800 mm x 2700 mm (inkl. PSX, PRS)
Weight (incl. / without powder, PRS, PSX)	approx. 3100 kg / 2400 kg

Fuente: Catalogo "SLM Solutions"

iv) Phenix

TECHNICAL DATA	
Fiber laser	P=500 W - λ =1070 nm
Layering system	Adjustable
Building volume	250 x 250 x 300 mm
Metal materials	Stainless steels, tool steels, non-ferrous alloys, super alloys,...
Ceramic materials	Alumina, cermet,...
Repeatability	x=20 μ m ; y=20 μ m ; z=20 μ m
Detail size	x=100 μ m ; y=100 μ m ; z=20 μ m
Loading system	Automatic
Recycling system	Automatic
CAD/CAM software	Phenix Processing - Phenix Manufacturing
Control software	PX Control
CAD read formats	IGES, STEP, STL
Dimensions	L= 2,40 m; W= 2,20 m; H= 2,40 m
Weight	About 5000 kg
Energy (power supply requirements)	Max. 15 KVA - 400 V Tri
Pneumatic	6-8 bars
Certification	CE
Class 1 laser machine in standard production. CEI 60825-1 (2007) NF EN ISO 11553-1 (2009)	



Fuente: Catalogo "Phenix"

v) Realizer

Datenblatt SLM 300i	
Construction volume	(H)300 mm x (W)300 mm x (D)300 mm
Layer thickness	20 μ m - 100 μ m
Laser type	Faserlaser 400 W - 1000 W
Power connection	CEE Plug 380 V / 16 A
Power input	4,0 KW
Argon consumption	ca. 72 l/h
Dimensions	(H)2200 mm x (W)1990 mm x (D)850 mm
Weight	850 Kg
Software	Realizer Control Software
Materials	CoCr, Titanium, Steel alloys, etc.
Powder handling	Integrated powder recycling system

Fuente: Catalogo "Realizer"

vi) **Sisma**

TECHNICAL DATA - DATI TECNICI	
Effective cylinder volume - Dimensioni cilindro di lavoro	ø 100 x 100 mm
Laser Source - Sorgente laser	Fiber Laser 200W
Precision Optics - Ottiche di precisione	Quartz F-Theta Lense
Laser spot diameter - Diametro spot laser	55 µm
Typical layer thickness (adjustable) - Spessore tipico layer (regolabile)	20-30 µm
Power supply - Alimentazione elettrica	220-240 V 1 ph - 50/60Hz
Machine dimensions - Dimensioni macchina	1390 x 1600 x 777 mm
Net weight - Peso netto	650 Kg
Max power absorbed - Potenza massima assorbita	1000 VA
O ₂ concentration - Concentrazione O ₂	< 0,1%
Inert gas supply - Gas inerti	Nitrogen, Argon - Azoto, Argon
Inert gas consumption - Consumo gas inerti	<0,3 L/min @ 0,5% O ₂
Noise - Rumorosità	<70 dB
Door - Porta	Glove Box
Filter unit - Unità filtro	Removable - Rimovibile

Fuente: Catálogo "Sisma"

5.2. ANÁLISIS TÉCNICO.

En este apartado se analizan las características técnicas de las impresoras disponibles a fin de seleccionar cuáles de ellas cumplen con las necesidades requeridas. Para esto se tiene en cuenta el volumen a construir, la potencia del láser, el ancho de la capa y la velocidad de escaneo. En la tabla 5 se pueden observar las diferencias entre las distintas impresoras que cumplen los requisitos de la empresa

Tabla 4. Criterios de selección de impresoras

	Volumen a construir	Potencia del láser	Ancho de Capa	Velocidad de escaneo
Electro Optical Systems, EOS	400 x 400 x 400 mm	1 Kw	20 - 90 µm	7 ms
ConceptLaser	800 x 400 x 500 mm	1 Kw	30 - 150 µm	7 ms
SLM Solutions	500 x 280 x 365 mm	1 Kw	20 -75 µm	10 ms
Phenix	250 x 250 x 300 mm	500 w	20 - 100 µm	-
Realizer	300 x 300 x 300 mm	1 Kw	20 - 100 µm	-
Sisma	100 x 100 x 300 mm	200 w	20 - 30 µm	-

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta los posibles materiales a reproducir se fijaron como requerimientos una potencia de laser que no sea menor que 1Kw debido a que la variedad de materiales a reproducir es amplia y a mayor potencia se amplía la variedad de materiales que se pueden reproducir, otra característica importante es el ancho de capa ya que esto nos da la calidad de impresión, es importante que las piezas construidas por la maquina sean los más precisas posibles ya que una pequeña diferencia de tamaño de una pieza puede generar la rotura de una máquina, por otro lado también se analizó que el volumen a reproducir sea el máximo posible ya que algunas de las piezas superan los 300 milímetros, por último se analizó la velocidad de impresión, si bien esta característica no es la fundamental es importante tenerla en cuenta ya que si el tiempo de impresión es muy alto puede que las pérdidas por lucro cesante sean grandes, por lo que el proyecto perdería notoriedad.

Del análisis anterior se concluye que las máquinas aptas para generar los repuestos analizados son las EOS y SLM Solutions, ya que ambas impresoras cumplen con los requisitos establecidos, las cuales tienen un costo aproximado que ronda el millón de dólares.

CONCLUSIONES

En este trabajo final integrador de la Especialización en Gestión de la Tecnología y la Innovación se propone realizar un aporte al sector industrial, en particular a la gestión de stocks del Almacén Cerri de la empresa TGS a través de la incorporación de nuevas tecnologías. Esta empresa enfrenta un serio problema de acumulación de stocks innecesarios y de tiempos muertos derivados de los plazos de reposición de insumos de vital importancia en su proceso productivo. Ante esta problemática, en este trabajo se realiza un análisis del stock de repuestos del almacén que pueden ser susceptibles de reproducción a través de la tecnología de impresión 3D.

Para cumplir este objetivo se realizaron actividades como:

- La revisión sobre nuevas tecnológicas de impresión aplicables a repuestos
- El conocimiento de la situación actual del área de mantenimiento de la planta de TGS en Cerri
- La clasificación y valoración de las existencias de acuerdo al principio de Pareto o técnica ABC
- La separación de estos ítems en familias (A, B, C)
- La catalogación de los materiales del grupo A de acuerdo a su composición física.
- La evaluación de las distintas tecnologías de impresión 3D disponibles en el mercado a fin de identificar la máquina que imprima el mayor porcentaje de repuestos
- La propuesta de equipos que cumplan con los criterios y requerimientos de TGS.

Por lo tanto, esta propuesta de innovación en la gestión de repuestos permite mejorar la gestión de inventarios de la empresa, optimizando el proceso productivo a través de las ventajas de la impresión 3D.

TGS aporta cierto nivel de complejidad al escenario, dado que se trata de una compañía con un alto volumen de equipos operando a casi la totalidad de su capacidad, a cargo del transporte de gas natural, un recurso de consumo masivo y parte fundamental de la matriz energética de nuestro país. El proceso del transporte del gas natural es complejo, por ello una porción relevante de los repuestos aparte de poseer requerimientos especiales en cuanto a su diseño, fabricación y aplicación son de procedencia importada. Por lo tanto la

empresa tiene una política de alto mantenimiento de stocks de una amplia gama de repuestos, para así cumplir a diario con la producción planeada.

Esta cultura ha impactado en los altos inventarios mantenidos en almacén, porciones importantes de materiales detenidas, sin mayor utilización incluso desde su ingreso a la planta. Por medio de la utilización de la herramienta de gestión que posee la compañía, se realizó una revisión de los datos de planificación de los materiales y se detectaron las existencias de los mismos. Estos resultados tuvieron vital importancia para la presente propuesta, en particular en cuanto al número de ítems versus el valor acumulado de los mismos.

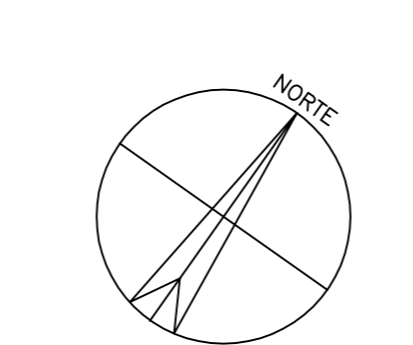
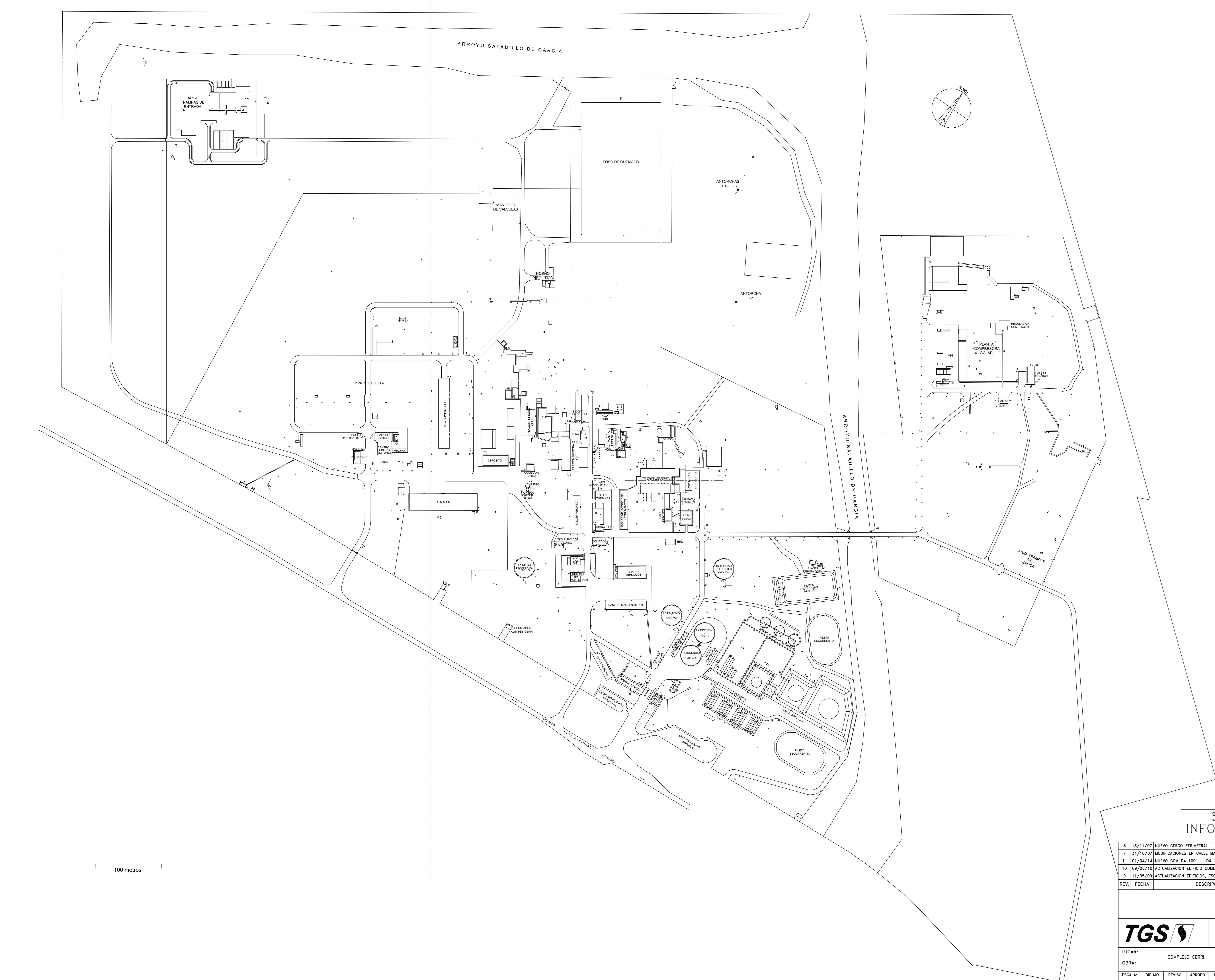
A través de este análisis se obtiene una visión general del problema y se pone en evidencia que aproximadamente el 50% del valor del stock existente se puede reducir mediante la utilización de la tecnología de impresión 3D. Sobre los niveles de stock, la valoración, como el indicador que reporta el volumen de activos inmovilizados de la compañía respecto a la cantidad de cada uno de ellos, merece un tratamiento especial. En principio, para el presente proyecto se empleó como criterio la segmentación entre familias de productos para conocer cuáles materiales son susceptibles de revisión. A partir de este análisis se detectó que los materiales del grupo A representan el 80% de la inversión en stock y el 10.6% de los ítems. Los del grupo B representan 15% de la inversión en stock y el 21.77% de los ítems y los del C, el 5% de la inversión en stock y el 78.23% de los ítems. En este sentido, el 4% de los ítems se pueden imprimir con una impresora de tipo Fusión Selectiva de Sustancias Pulverizadas, mientras que el porcentaje podría ser superior al incorporar los repuestos metálicos del grupo B y C, no analizados en este estudio por su bajo impacto en la valoración total. Hablando en términos monetarios la adopción de esta tecnología de impresión puede reducir el stock inmovilizado de la compañía en 197.282.140 pesos (60% del stock total a reducir) por ciclo de consumo de repuestos, teniendo en cuenta que el costo aproximado de una impresora de este tipo ronda los dieciséis millones de pesos, concluimos que es factible utilizar esta tecnología para este fin. Por otro lado la implementación del mismo tiene asociados costos adicionales como la digitalización de las piezas y el costo de la materia prima para la fabricación de los repuestos. La reducción del stock inmovilizado está asociada al consumo de los materiales existentes en la actualidad. El estudio de costos asociado a la implementación del proyecto no es parte de este estudio.

Luego, en el capítulo 5 se analizan las opciones de impresoras disponibles en el macerado que cumplan con los requisitos de impresión de repuestos del grupo A, 100% metálicos. Para esto se tienen en cuenta criterios como el volumen a construir, la potencia del láser, el ancho de la capa y la velocidad de escaneo. La comparación de las máquinas, en función de estos criterios, permite detectar que sólo 2 impresoras de las 6 disponibles en el mercado cumplen con las necesidades del almacén de Cerri de la empresa.

A pesar de que el análisis realizado se limita sólo a un grupo reducido de repuestos, el 54% de la inversión en stock de seguridad es reproducible con esta tecnología y se considera que la aplicación de la tecnología a repuestos metálicos complejos podría ser una solución a los problemas de gestión de inventarios que enfrenta la empresa; e incluso podría optimizar su proceso productivo. Este trabajo pretende reflejar sólo una posible aplicación del potencial que tiene la tecnología de impresión 3D en la industria, por lo tanto podrían desarrollarse futuras extensiones y análisis o incluso aplicar esta propuesta a otros sectores productivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blanco Esguevillas, I. (2014). “Propiedad industrial el impacto de la impresión 3D sobre los derechos de propiedad industrial”, Editorial El Derecho.
- Chase, R., y, Aquilano, N.(2000). “Administración de producción y operaciones”, Editorial Mc. Graw Hill, Bogotá, Octava edición.
- Centro de innovación de BBV. “La revolución 3D”, disponible en <http://www.centrodeinnovacionbbva.com>
- Díaz M, A. (1999). “Gerencia de inventarios”, Ediciones IESA, Caracas, Primera edición.
- Farfan Aguilar, E (2005) “Propuesta de mejoras en la gestión de repuestos”, Edición USB
- Graichen, A., y Brodin, H. (2015). “Industrialization of 3D printing (additive manufacturing) for gas turbine components repair and manufacturing”, VGB Power Tech 12.
- Hull, C., Feygin, M., Sanders, R. Sachs, E., Lightman, A., y, Wohlers, T. (1995). “Rapid prototyping: current technology and future potential”. *Rapid Prototyping Journal*, 1(1), 11-19.
- López Fernández, R. (2004). “Logística comercial”, Thomson Ed.
- TGS, información de la página web e interna de los sistemas.
- Vazhnov, A. (2013). "La Impresión 3D: Como va a cambiar el mundo", Editorial Baikal.



100 metros

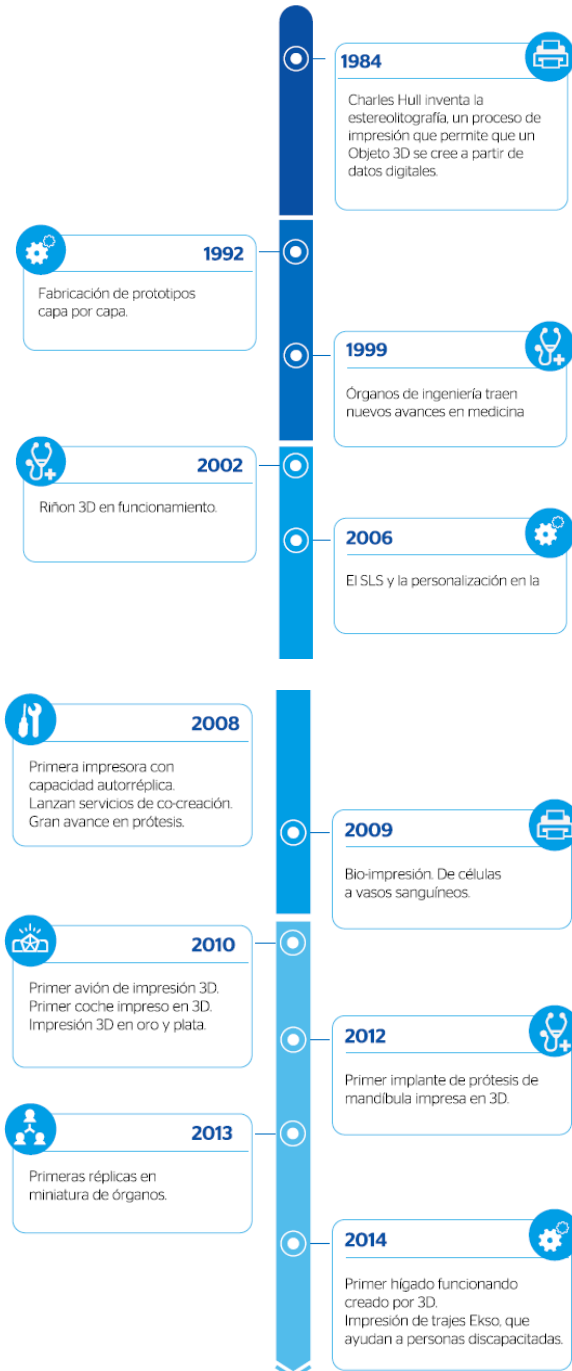
SOLO INFORMATIVA

8	13/11/07	NUOVO CERCO PERIMETRAL	SPIGARO	BARROSO	FRANCIA
7	31/10/07	MODIFICACIONES EN CALLE WACKEE AREA COMPRESION	SPIGARO	BARROSO	FRANCIA
11	01/04/14	NUOVO CCW 04 1001 - 04 1002	TAURO	BARROSO	LARTICAU
10	09/06/10	ACTUALIZACION EDIFICIO COMESOR PERSONAL TCS	MURZ	BARROSO	BARROSO
9	11/05/09	ACTUALIZACION EDIFICIOS, ESCORRENTAS Y PILETAS	A.M.B	BARROSO	PABLO
REV.	FECHA	DESCRIPCION	DIBUJO	REVISO	APROBO

TGS		GERENCIA DE MANTENIMIENTO MANTENIMIENTO MECANICO			
LUGAR: COMPLEJO CERRI		TITULO: DISPOSICION GENERAL DE EDIFICIOS COMPLEJO CERRI			
ESCALA:	DIBUJO	REVISO	APROBO	FECHA	FORMATO:
1:2000	TAURO	TAURO	A. PABLO	NOV. 08	A3
HORA		DOCUMENTO		REVISION	
1 de 1		CC-00-0001		11	

Anexo B

Línea de tiempo evolución impresión 3D



Fuente: Centro de innovación de BBV