

Riii

Revista
Internacional
Ingeniería
Industrial

Junio 2021
www.aacini.org



Número 3 – junio de 2021

ISSN 2684-060X

Contenido

**ANÁLISIS DEL PROBLEMA DE RUTEO DE VEHÍCULOS CON
CONSIDERACIONES AMBIENTALES - 6 -**

**GESTIÓN DEL CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO EN LA INDUSTRIA
4.0 - 24 -**

**LA CERTIFICACIÓN DE SABERES TÉCNICOS Y TRAYECTORIAS
LABORALES EN EL MARCO DEL PROGRAMA CERTIFICACIÓN DE
OFICIOS DE LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA NACIONAL
FACULTAD REGIONAL DELTA - 42 -**

**VISIÓN ESTÉREO PARA PERSONAS NO VIDENTES CON CÁMARAS
DE BAJO COSTO - 60 -**

**PROPUESTA DE UN JUEGO SERIO EN MATERIAS DE CICLO BÁSICO
DE INGENIERÍA INDUSTRIAL - 74 -**

**VALIDACIÓN Y APLICACIÓN DE UN PROCEDIMIENTO PARA
DETERMINAR RECURSOS TECNOLÓGICOS ESTRATÉGICOS - 89 -**

**EVALUACIÓN DE LA IMPRESIÓN 3D COMO MÉTODO
ALTERNATIVO EN LA PRODUCCIÓN DE PIEZAS DE REGULADORES
DE GAS - 102 -**

AACINI – Revista Internacional de Ingeniería Industrial

Número 3 – junio de 2021

Editor y Director: Dr. Ing. Mario Lurbe (UTN FRSC - Argentina)

Editores asociados:

Mg. Ing. Antonio Morcela (UNMdP - Argentina)

Ing. Juan Saenz (UTN FRSR - Argentina)

Comité Editorial:

Esp. Ing. Miguel Ángel Risetto (UTN FRA - Argentina)

Dr. Ing. Fernando Salazar Arrieta (Pontificia Universidad Javeriana - Colombia)

Mg. Ing. Iván Baron (UTN FRSR - Argentina)

Dr. Ing. Kazuo Takaeyama (Sociedade Educacional de Santa Catarina - Brasil)

Dra. Ing. Gloria Esther Valdivia Camacho (Universidad Nacional de Ingeniería - Perú)

Mg. Ing. Alejandro Mohamad (UCA - Argentina)

MSc Mech Eng., MBA Sergio Oscar Rinland (Equipmake Ltd, UK)

Dr. Ing. Jorge Bauer (UTW - Universidad Técnica de Austria)

Pares Evaluadores del presente número:

Claudia Minnaard

Ignacio Boloquy

Iván Barón

Jacqueline Bounoure

José Ignacio Nicolao García

Karina Roxana Avalos Llano

Luca Mavolo

Lucas Pietrelli

Luciana Belén Tabone

María Belén Aramayo

María Victoria D'Onofrio

Néstor Caracciolo

Verónica Mortara

Homenaje



Héctor Ricardo Gallegos

03/10/1949 – 21/12/2020

Con profundo dolor, con gran respeto y mucha admiración, la Comisión Directiva de la AACINI junto al equipo editorial de la RIII quieren recordar a uno de sus miembros más queridos, vocal titular desde la constitución de la asociación y Director de la carrera de Ingeniería Industrial en la UTN FRSN desde 2010.

Profesional destacado en la industria, con membresías en organismos reconocidos, gran hombre, y por sobre todo un tipo macanudo que trabajó siempre para forjar y fortalecer la formación y el perfil de egreso, crear y brindar oportunidades y especialmente para mantener vivos y siempre latentes los valores y la integridad en nuestra especialidad.

Se formó como Técnico Químico del Instituto Politécnico General San Martín – Rosario (1968), obtuvo su título de Ingeniero Químico de la UTN – Facultad Regional Rosario (1978), comenzando luego una incesante labor en el medio local y regional, en lo profesional y humano.

Se inició en los laboratorios de control y ensayos de calidad de producto en empresas de la zona del gran Rosario SWIFT, C.A.P. Rosario y SOMISA (1969-1978), desempeñándose luego en ésta última como ingeniero de procesos en la gran industria de la región de San Nicolás Sector Acería, SOMISA S.A. (1972-1993). Desarrolló actividades de diseño e implementación de sistemas de gestión de calidad en las dos siderúrgicas más importantes de la zona (1993-1995). Se desempeñó como asistente de operaciones para luego pasar a ser Jefe de Calidad en una destacada empresa de servicios siderometalúrgicos de la región SIDERSA S.A., implementando el sistema de gestión de calidad, procesos de conformidad de producto y asistencia técnica y gestión de certificaciones de la compañía (1999-2015), siendo representante y miembro de la comisión de normalización de productos de acero de IRAM y de organismos certificación/normalización nacionales e internacionales (1999 -2015).

Como consultor independiente, desde 2015 ejerció en el ámbito de calidad orientado hacia sistemas de Gestión e inspección y certificación de productos siderometalúrgicos en el campo regulado y voluntario. Y desempeñó una comprometida labor como evaluador experto por el Organismo Argentino de Acreditación (OAA).

En el ámbito universitario, desarrolló una destacada trayectoria académica en la UTN – Facultad Regional San Nicolás, ejerciendo como docente en varias especialidades, fue Consejero Departamental del Departamento Ingeniería Metalúrgica (2008-2010), miembro activo del Consejero Directivo de la Institución y ejerció la Dirección de la Carrera de Ingeniería Industrial desde el año. Profesor y mentor, desde sus inicios en la materia Estudio y Ensayo de los Metales en Ingeniería Metalúrgica (1994-1998), y en la Cátedra de Ensayos de Materiales (1993-1994); ejerció la docencia en la misma Facultad en las materias afines a su profesión, Ingeniería en Calidad en Ingeniería Industrial (2008), iniciando en la Licenciatura en Organización Industrial (en 1997), Ingeniería de Calidad (en ingeniería metalúrgica, desde 1997) y Práctica Profesional Supervisada (desde 2010). También se desempeñó como profesor del módulo Auditorías en el Posgrado “Especialización en Calidad”, dictado en extensión Pergamino.

Autor de trabajos de investigación y transferencia, gestionó actividades de transferencia y extensión desde el Departamento, coordinadas con organismos y entidades nacionales y locales, como el lanzamiento del Centro de Estudios Estadísticos (CEE) de la UTN Facultad Regional San Nicolás (2019). Signó y acompañó durante su gestión el camino de mucho estudiantes y graduados en el campo profesional y de la investigación.

Miembro fundador e impulsor de la Red Argentina de Carreras de Ingeniería Industrial (AACINI), contribuyó con su conocimiento y experiencia en los Congresos de Ingeniería Industrial (COINI) y en la Red, tanto personalmente como desde la Dirección de la Carrera.

Por todo este vasto recorrido profesional, y más por haber sido un excelente ser humano, es que lo vamos a recordar por siempre.

Hasta siempre Héctor... **¡hasta siempre Director!**

COMISIÓN DIRECTIVA AACINI – 2020

Presidente:	Miguel Ángel RISSETTO	UTN FRA/RECT
Vice-Presidente:	Jorge Alejandro MOHAMAD	UCA CABA
Secretario General:	Pedro Alejandro BASARA	UTN/UNDAV
Pro-Secretario:	Julián Edgardo VELA	UTN FRA
Tesorero:	León Natalio HOROWICZ	UBA
Pro-Tesorero:	Rubén Mario LURBE	UTN FRSC
1° Vocal Titular:	Eduardo Juan DE MARIA	UNLAM
2° Vocal Titular:	Adrian Guillermo HERZ	ITBA
3° Vocal Titular:	Héctor GALLEGOS	UTN FRSN
4° Vocal Titular:	Federico MENDIZÁBAL	U MORÓN
1° Vocal Suplente:	Diego Gastón SERRA	UNLZ
2° Vocal Suplente:	Nora Lucía LLADSER	UNPSJB
3° Vocal Titular:	Jorge Eduardo ABET	UTN FRC
4° Vocal Suplente:	Rodolfo Iván BARÓN	UTN FRSR
Revisor de Cuentas Tit.:	Graciela Susana NOYA	UNPSJB
Revisor de Cuentas Supl.:	Estela Mónica LOPEZ SARDI	UP

DIRECTORES DE CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL Y AFINES DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

Mg. Ing. Sebastián Mur	Ing. Miguel Benegas	Ing. Oscar Spada
Ing. Gustavo López Hermann	Ing. Gustavo Alberto Lores	Ing. Carmelo Caparelli
Ing. María de las Mercedes Augspach	Ing. Eduardo De María	Lic. Andrés Horacio Reale
Ing. Federico Walas	Ing. Juan González Montero	Ing. José Guillermo Valvano
Mg. Ing. Jorge Alejandro Mohaad	Ing. Lucía Lladser	Ing. Cesar Bustelo
Lic. Pablo Salvático	Ing. Gabriel Crespi	Lic. Jorge García
Esp. Ing. Manuel Luis Zambrano Exhenique	Ing. Luis Oscar Oviedo	Ing. Pablo Quantín
Ing. Macarena Rodríguez Campos	Ing. Marcelo Pelayo	Mg. Ing. Jorge Eduardo Abet
Ing. Alfredo Leiter	Ing. Héctor Martinek	Ing. Ricardo Bosco
Dr. Ing. Anibal Cofone	Ing. Carlos Vecchi	Lic. María Dolores Gómez
Ing. Carlos Papini	Mg. Ing. Antonio Morcela	Ing. Sergio Cortese
Ing. Patricio González Viescas	Ing. Mario Mantulak	Ing. Marcelo Gil
Ing. Federico Mendizabal	Ing. Luis Raúl Feraboli	Ing. David Espíndola
Ing. Oscar Waigold	Ing. Ricardo Jakulika	Ing. Víctor Cogno
Ing. Sergio Alberto Colombo	Mg. Ing. Inés María Ranea Vega	Dr. Ing. Mario Rubén Lurbe
Ing. Sebastián Bianchi	Ing. María Eugenia Rímini	Ing. Aníbal Vallejo
Ing. Enzo Judis	Ing. Pedro Juvenal Basualdo	Ing. Héctor Gallegos
Ing. Raúl Funes	Ing. Facundo Bianciotto	Mg. Ing. Rodolfo Iván Barón
Ing. Pablo De Simone	Ing. Nora Perotti	Ing. Carlos Alzamendi
	Ing. Silvia Urrutia	Ing. Alberto Nilo Butler
	Dr. Ing. Diego Cafaro	
	Ing. Adrián Tomkovich	

Análisis del problema de ruteo de vehículos con consideraciones ambientales

Kirpach, Juan Pablo

jpkirpach@hotmail.com

Orlandi, Federico

fedeorlandi@hotmail.com

Mascarino, Esteban Ezequiel.

estmasca@mit.edu

Gómez, Daniela Nora

danielag@fceia.unr.edu.ar

Cerrano, Marta Liliana

mcerrano@fceia.unr.edu.ar

Universidad Nacional de Rosario (Argentina).

Fecha de recepción: 16/07/2020

Fecha de aprobación COINI: 08/09/2020

Fecha de aprobación RIII: 24/06/2021

RESUMEN

La logística verde persigue la minimización del impacto ambiental generado por las diversas actividades logísticas. En línea con este objetivo, este trabajo se basa en un modelo denominado PRP (Pollution Routing Problem, por sus siglas en inglés), en el cual se determinan las rutas a realizar por una flota de vehículos para servir a un conjunto de clientes. Al contemplar el consumo de combustible, este modelo permite reducir las emisiones de la flota.

Luego, se introduce y desarrolla una variante del PRP que permite determinar el tamaño de flota óptimo al incluir en el análisis el costo fijo de la misma – incluyendo costo de mantenimiento, leasing, entre otros.

Las rutas generadas con ambos modelos son comparadas con aquellas generadas por un modelo VRP (Vehicle Routing Problem, por sus siglas en inglés) para un caso de estudio de características reales. Como resultado, se perciben reducciones significativas del consumo de combustible – hasta un 17 % – y de los costos totales – hasta un 4 % – en las rutas generadas por los modelos PRP. En contrapartida, estos últimos aumentan levemente el tiempo total demandado para completar la totalidad de las rutas – 0,3 % en promedio.

Palabras Claves: Modelos de ruteo, Logística verde, Contaminación, Consumo de combustible, Dimensionamiento de flota

Vehicle routing problem analysis with environmental considerations

ABSTRACT

Green logistics seeks to minimize the environmental impact generated by multiple logistics activities. To achieve this goal, this paper is based on a Pollution Routing Problem (PRP) model, which determines the best routes for a set of vehicles to serve a group of clients. By including fuel consumption in the analysis, this model can reduce fleet emissions.

Then, a PRP variant is introduced and developed. This new model helps determining the optimal fleet size by including the fixed cost of the fleet under analysis - including maintenance cost, leasing, among others.

The routes generated with both models are compared with those generated by a traditional Vehicle Routing Problem (VRP) through a case study of real characteristics. As a result, significant reductions in fuel consumption - reaching 17 % - as well as slight decreases in total routes costs - close to 4% - are generated by both PRP models. However, PRP models slightly increase the total time required by the routes - 0,3 % on average.

Keywords: Routing models, Green logistics, Pollution, Fuel consumption, Fleet sizing

Análise de problemas de roteamento de veículos com considerações ambientais

RESUMO

A logística verde busca minimizar o impacto ambiental gerado pelas diversas atividades logísticas. Em linha com este objetivo, o trabalho é baseado em um modelo de Problema de Roteamento de Poluição (PRP), que determina as rotas a serem realizadas por uma frota de veículos para atender um grupo de clientes. Ao incluir o consumo de combustível na análise, o modelo pode reduzir as emissões da frota.

Em seguida, uma variante do PRP é introduzida e desenvolvida. Este novo modelo ajuda a determinar o tamanho ótimo da frota ao incluir na análise o custo fixo da frota - incluindo custo de manutenção, arrendamento, entre outros.

As rotas geradas com ambos modelos são comparadas com aquelas geradas por um problema de roteamento de veículos (VRP) tradicional por meio de um estudo de caso de características reais. Como resultado, reduções significativas no consumo de combustível - até 17% - e nos custos totais - perto do 4% - são obtidas pelos modelos de PRP. Por outro lado, os modelos PRP aumentam ligeiramente o tempo total necessário para completar todas as rotas - 0,3% em média.

Palavras chave: Modelos de Roteamento, Logística Verde, Poluição, Consumo de Combustível, Dimensionamento de Frota

1. INTRODUCCIÓN

La logística se define como la gestión del flujo de materiales e información desde los puntos de origen hasta los puntos de consumo, con el objetivo de satisfacer las necesidades de los clientes al menor costo total. Para poder alcanzar este objetivo, se deben desarrollar de manera eficaz una serie de actividades entre las que se encuentran el transporte de cargas, el almacenamiento, la gestión de inventarios, el manejo de materiales y la administración de la información relacionada [1]. Estas actividades son comprendidas dentro del proceso logístico, siendo este una parte fundamental de los procesos de negocio de una organización.

El transporte de productos – ya sea un bien o un servicio – a clientes constituye uno de los últimos eslabones dentro de dicho proceso logístico. Todo esfuerzo realizado en las operaciones vinculadas al transporte afecta la percepción generada en el cliente con relación al producto ofrecido. Por tal motivo, deficiencias en esta etapa del proceso logístico van en desmedro del trabajo realizado en procesos anteriores, entre los que se encuentran la investigación de mercado, el diseño de productos y procesos, la producción, entre otros.

La definición de las rutas que deben realizar los vehículos para atender a la totalidad de los clientes es considerada una actividad crítica dentro del transporte de cargas. Desde 1956 se estudia como optimizar estas rutas buscando disminuir costos y mejorar el nivel de servicio al cliente. La mayoría de dichos estudios tienen como objetivo la minimización de los costos tradicionales de transporte incluyendo costo del combustible – estableciendo una relación directa con el tiempo y la distancia requerida para completar las rutas –, salarios de los conductores, costo de insumos para vehículos, peajes, entre otros. Este enfoque, sin embargo, omite la consideración explícita del impacto ambiental que genera el transporte de cargas.

La omisión de dicha externalidad desconoce la existencia de una gran problemática. Los vehículos utilizados para el transporte emiten una serie de agentes contaminantes, entre los que se encuentran gases de efecto invernadero (GEI) y material particulado. Si bien el material particulado puede afectar seriamente a la salud de las personas que se encuentran expuestas, el principal interés radica en los GEI. Estos gases contribuyen al incremento paulatino de la temperatura en la superficie terrestre, fenómeno conocido como calentamiento global. Se estima que, si las emisiones de dichos gases continúan al ritmo actual, los niveles de temperatura que podrían alcanzarse para mediados de siglo harían peligrar la subsistencia de las personas en el planeta [2].

Resulta aún más alarmante dicha omisión si se considera que el 56,6% de las emisiones antropogénicas, es decir, aquellas originadas por las actividades humanas, corresponden a dióxido de carbono (CO₂) liberado por el uso de combustibles fósiles [3]. En particular, en Latinoamérica, si se consideran las emisiones de CO₂ provenientes del uso de dichos combustibles, el transporte vial participa en el 32% del total [4].

El impacto ambiental ocasionado por las actividades logísticas, en particular el transporte, ha motivado el surgimiento de una rama de estudio dentro de la logística conocida como logística verde. Esta última deja de lado el enfoque miope de la logística tradicional que analiza una estructura de costos más limitada. Por el contrario, la logística verde considera el costo de las externalidades ocasionadas por el desarrollo de las actividades logísticas [5].

En este contexto, la Ingeniería Industrial dispone de herramientas apropiadas que permiten gestionar las actividades logísticas bajo este nuevo paradigma verde procurando garantizar el desarrollo de las mismas de manera sustentable en el tiempo. A partir de ello, este trabajo presenta un modelo de ruteo

que incluye las externalidades ambientales dentro del análisis. Asimismo, se exhiben los ahorros posibles en consumo de combustible y costos a partir del desarrollo de un caso de estudio.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

La importancia de las actividades logísticas ha motivado numerosos estudios en pos de mejorar indicadores como el nivel de servicio al cliente, el costo total, etc. En el caso particular del transporte, gran parte de estos estudios han fomentado el desarrollo de modelos matemáticos para analizar el problema del ruteo de los vehículos, con el objetivo de diagramar rutas más eficientes.

El Problema de Ruteo de Vehículos (VRP), planteado como un Programa Entero Mixto (PEM), fue introducido por Dantzig y Ramser en 1959 [6]. El VRP es un problema de decisión que consiste en determinar un conjunto de rutas – dado un depósito, un conjunto de clientes dispersos geográficamente y una flota de vehículos definida – de modo que la totalidad de los clientes sean atendidos. Además, en sus diversas variantes, se deben satisfacer una serie de restricciones que dependen del modelo en análisis, entre las que se encuentran capacidad limitada de los vehículos, demanda de los clientes, horarios de atención, entre otras. Las rutas generadas son posteriormente evaluadas en función de una serie de criterios, generalmente de carácter económico, que varían según los objetivos del estudio.

Los modelos asociados a problemas de ruteo han sido ampliamente estudiados ya que brindan información útil para la toma de decisiones, principalmente a nivel operativo. Además, los cambios tecnológicos que se produjeron han fomentado el desarrollo de complejos modelos que se ajustan mejor a los sistemas logísticos reales.

Asimismo, cabe destacar que los esfuerzos de investigación realizados hasta el año 2007 se centraron en el estudio del problema de ruteo con un enfoque tradicional, focalizándose en los costos operativos. Sin embargo, la estimación de estos costos recurría a simplificaciones que consideraban que el consumo de combustible, uno de los principales costos de operación, era proporcional a la distancia recorrida o al tiempo requerido, ignorando la verdadera relación entre estas variables. Esto se traducía en la minimización de las distancias recorridas, el número de vehículos utilizados, entre otros objetivos. No obstante, en 2007 comienzan a desarrollarse modelos que trabajan sobre dichas simplificaciones e incluyen el impacto ambiental de las decisiones de distribución dentro del análisis, dando origen a la logística verde.

En particular, resulta de interés el Pollution Routing Problem (PRP), introducido por Bektaş y Laporte en 2011 [7]. En este modelo, además de las consideraciones económicas y operacionales tradicionales, se toman en cuenta las emisiones de GEI que producen los vehículos de la flota. En este sentido, el PRP minimiza el combustible consumido por la flota para conseguir una reducción en dichas emisiones mediante el análisis de una serie de variables que no eran estudiadas en los diversos modelos que lo precedieron – la carga del vehículo, la velocidad media en cada trayecto, la inclinación media de la ruta, entre otras –.

Al igual que el VRP, el PRP se puede modelizar a través de un PEM que permite determinar las rutas que debe realizar un conjunto definido de vehículos para atender a un grupo de clientes. En particular, el PRP utiliza una función objetivo compleja para determinar el costo de operación de la flota. En ella incluye una serie de términos que permiten determinar el costo del combustible consumido y el costo variable asociado al conductor – expresado como un incentivo percibido por el tiempo total de conducción –.

Buscando minimizar el combustible consumido, el PRP posiciona a los clientes de manera estratégica dentro de la ruta, atendiendo, por lo general, a aquellos clientes con mayor demanda – en términos de carga – en primer lugar y permitiendo que el camión viaje con menos carga en el resto de la ruta.

Asimismo, este modelo determina la velocidad óptima para cada vehículo en cada etapa de la ruta, cumpliendo con las restricciones de tiempo impuestas por los clientes y, en simultáneo, minimizando el combustible consumido.

3. DESCRIPCIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

Con el objetivo de presentar la efectividad de los modelos de ruteo de vehículos, en particular del PRP, la presente sección desarrolla un caso de estudio. En el mismo se analiza una ferretería industrial del Gran Rosario que es proveedora de un conjunto de clientes industriales.

En la actualidad, la compañía en análisis subcontrata la distribución de sus productos. Sin embargo, buscando optimizar su operación y reducir el impacto ambiental que ocasiona su flota, la empresa se dispone a internalizar dicha distribución.

Para la nueva estrategia de integración, la empresa define la utilización de camiones ligeros Mercedes Benz Accelo 1016/37 para su potencial flota.

Luego, el tamaño de la flota será definido en función de la cantidad de clientes a abastecer y su respectiva demanda. En particular, se proponen cinco instancias del problema que difieren en la cantidad de clientes a atender (10, 20, 50, 100 y 200 clientes). A cada una de las instancias se le asociará un tamaño de flota particular que garantice la correcta atención de la totalidad de los clientes. La Figura 1 presenta la distribución geográfica de los 200 clientes (nodos rojos) y el depósito (nodo azul).

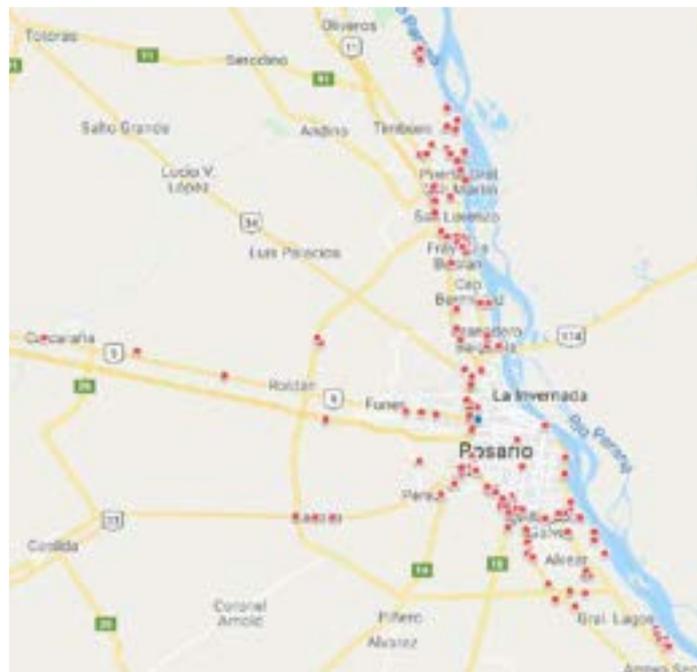


Figura 1 Ubicación geográfica de los clientes y el depósito

4. MODELO

Para desarrollar el modelo matemático que permite analizar el caso de estudio fue necesario el planteo de una serie de hipótesis. En primer lugar, se define que la demanda semanal por cliente es conocida y constante, siendo atendida en una o dos entregas semanales. En segundo lugar, la cantidad de mercadería entregada por visita – llamada dropsize – es igual a la demanda semanal para aquellos clientes con una entrega por semana, mientras que será igual a la mitad de la demanda semanal para aquellos clientes con dos entregas por semana. Luego, se define que el dropsize es, a lo sumo, equivalente a la capacidad máxima de cada vehículo. Además, se define la existencia de un único depósito que dispone de inventario suficiente para abastecer la totalidad de la demanda semanal, sin que se produzcan faltantes. También, se define una flota de vehículos homogénea constituida únicamente por camiones Mercedes Benz Accelo 1016/37.

Adicionalmente cada vehículo puede realizar un único recorrido en el día, comenzando y terminando dicho recorrido en el depósito y circulando a la velocidad media definida para cada tramo – siendo un tramo el trayecto que conecta dos nodos –. Para simplificar el problema, se considera que los tramos no tienen pendiente. Por último, cada cliente posee un tiempo de servicio conocido y constante y, además, debe ser atendido en el rango horario definido por una jornada laboral de nueve horas.

La demanda semanal de cada cliente se exhibe en la Figura 2.



Figura 2 Demanda semanal por cliente

4.1. Velocidad media, distancia y tiempo entre establecimientos

A partir de las coordenadas de los clientes y del depósito, utilizando la API Distance Matrix® de Google, se definieron las siguientes matrices.

Por un lado, la matriz de distancias contiene la totalidad de las distancias entre dos nodos (cliente o depósito), definiendo al elemento d_{ij} como la longitud en metros de la ruta que une al nodo i con el nodo j . Por otro lado, la matriz de tiempos contiene la totalidad de los tiempos estimados para realizar los recorridos que vinculan dos nodos cualesquiera basados en los trayectos de la matriz de distancias, definiendo al elemento t_{ij} como el tiempo en segundos demandado para realizar la ruta entre i y j .

A partir de dichas matrices, se determinó la matriz de velocidades medias, definiendo al elemento v_{ij} a partir de la relación entre d_{ij} y t_{ij} . La Figura 4 Figura 3 Distribución de velocidades presenta un histograma de velocidades medias para la totalidad de los trayectos posibles.

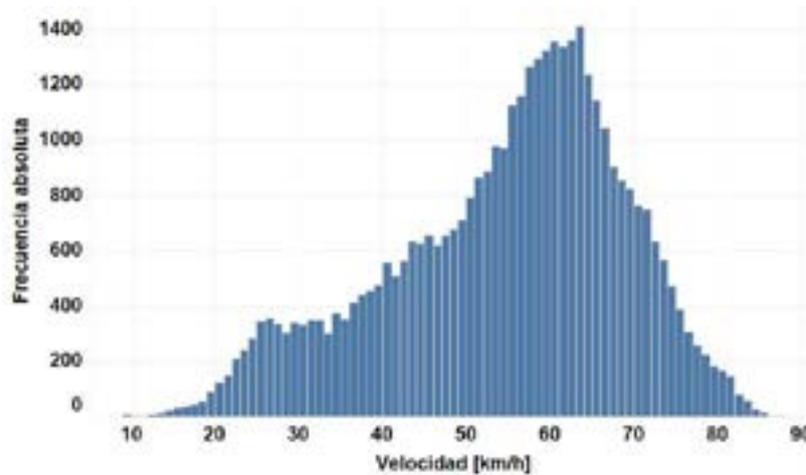


Figura 3 Distribución de velocidades

4.2. PRP táctico

El caso de estudio propuesto requiere de un modelo matemático que permita la determinación del conjunto óptimo de rutas y, en simultáneo, el tamaño óptimo de flota. Este último objetivo no puede ser abordado por los modelos de ruteo convencionales, incluido el modelo PRP propuesto por Bektaş y Laporte [7], que toman al tamaño de la flota como información de entrada y se enfocan únicamente en decisiones operativas, inherentes a la determinación de las rutas que deben realizar los vehículos. En este sentido, el modelo a desarrollar dispondrá además de un enfoque táctico relacionado a la determinación del tamaño de flota.

El planteo anterior expone la necesidad de modificar el PRP básico, propuesto por Bektaş y Laporte [7], en virtud de captar el nuevo enfoque. De esta manera, la función objetivo debe adaptarse para considerar las variaciones de costo originadas por los diferentes tamaños de flota. En consecuencia, tanto las restricciones como la función objetivo deben ser reformuladas de modo que las decisiones de nivel operativo coexistan con aquellas decisiones de nivel táctico. A fin de reducir la complejidad del modelo, tanto la función objetivo como las restricciones deben modificarse de manera tal que las velocidades dentro de los tramos no sean una variable de decisión.

4.2.1. Formulación matemática

Tomando como base la formulación matemática del PRP que realizan Kramer et al. [8], el PRP táctico está definido por un grafo completo dirigido $G = (N; A)$, de modo tal que $N = \{0, \dots, n\}$ es un conjunto de nodos donde el nodo 0 es un depósito y el resto de los nodos se asocian a clientes y $A = \{(i, j): i, j \in N; i \neq j\}$ es un conjunto de arcos. La distancia desde el nodo i al nodo j se denota d_{ij} .

Una flota de vehículos, cada uno con capacidad Q , se dispone a abastecer al conjunto de clientes. El conjunto $N_0 = N \setminus \{0\}$ representa a la totalidad de clientes, donde cada cliente $i \in N_0$ tiene una demanda no negativa igual a q_i – equivalente al dropsize en este trabajo – y debe ser atendido en el intervalo de tiempo $[a_i, b_i]$. Se permite que un vehículo llegue a atender a un cliente antes del comienzo de la ventana

de tiempo, debiendo esperar hasta el instante a_i para comenzar el servicio. Luego, el tiempo de servicio del cliente i es definido por t_i .

Por otro lado, se define la variable binaria x_{ij} que será igual a 1 si alguno de los vehículos de la flota realiza el tramo (i, j) . Las variables f_{ij} representan la carga total transportada en el arco $(i, j) \in A$. Las variables y_j representan el instante de tiempo en el que comienza el servicio del nodo $j \in N_0$. Luego, v_{ij} representa la velocidad media de circulación del vehículo en el tramo (i, j) . Además, s_j representa el tiempo total dedicado en una ruta que tiene al nodo $j \in N_0$ como el ultimo nodo visitado antes de volver al depósito.

Asimismo, en la función objetivo se encuentran involucrados una serie de parámetros. En primer lugar, los parámetros w_1, w_2, w_3 y w_4 se asocian a características técnicas del vehículo. Mientras que f_c representa el costo del combustible por litro, f_d es el costo variable asociado al salario del conductor – incentivo que percibe el chófer por el tiempo que se encuentra conduciendo – y f_f representa el costo diario de mantenimiento y leasing de cada vehículo de la flota, sumadas a la componente fija del costo laboral – salario básico percibido por el chófer.

La formulación del PEM se presenta a continuación:

$$\min \sum_{(i,j) \in A} f_c w_1 \frac{d_{ij}}{v_{ij}} x_{ij} \quad (1)$$

$$+ \sum_{(i,j) \in A} f_c w_2 d_{ij} x_{ij} \quad (2)$$

$$+ \sum_{(i,j) \in A} f_c w_3 d_{ij} f_{ij} \quad (3)$$

$$+ \sum_{(i,j) \in A} f_c w_4 d_{ij} v_{ij}^2 x_{ij} \quad (4)$$

$$+ \sum_{j \in N_0} f_d s_j \quad (5)$$

$$+ \sum_{j \in N_0} f_f x_{0j} \quad (6)$$

Sujeto a:

$$\sum_{j \in N} x_{ij} = 1; \quad i \in N_0; \quad (7)$$

$$\sum_{i \in N} x_{ij} = 1; \quad j \in N_0; \quad (8)$$

$$\sum_{j \in N} f_{ji} - \sum_{j \in N} f_{ij} = q_i; \quad i \in N_0; \quad (9)$$

$$q_j x_{ij} \leq f_{ij} \leq (Q - q_i) x_{ij}; \quad (i, j) \in A; \quad (10)$$

$$y_i - y_j + t_i + \frac{d_{ij}}{v_{ij}} x_{ij} \leq K_{ij} (1 - x_{ij}); \quad i \in N; j \in N_0; i \neq j; \quad (11)$$

$$a_i \leq y_i \leq b_i; \quad i \in N_0; \quad (12)$$

$$y_j + t_j - s_j + \frac{d_{j0}}{v_{j0}} x_{j0} \leq L (1 - x_{j0}); \quad j \in N_0; \quad (13)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}; \quad (i, j) \in A; i \neq j; \quad (14)$$

$$f_{ij} \geq 0; \quad (i, j) \in A; i \neq j; \quad (15)$$

$$y_i \geq 0; \quad i \in N_0; \quad (16)$$

$$s_j \geq 0; \quad j \in N_0; \quad (17)$$

Los Términos (1) – (5) representan el costo de operación de la flota de vehículos para realizar la totalidad de las rutas dentro de un día de trabajo. Cabe destacar que los Términos (1) – (4) permiten determinar el costo del combustible consumido a partir de las relaciones entre dicha variable y la velocidad, la carga transportada y la distancia. Mientras que el Término (5) se asocia al costo variable vinculado al conductor. Por otra parte, se adiciona a la función objetivo del PRP básico el Término (6) que representa el costo fijo asociado a la flota de vehículos – donde x_{0j} representa la cantidad de vehículos que componen la flota–. Este último término es fundamental en la reducción del tamaño de la flota.

Por otra parte, las Restricciones (7) – (8) garantizan que cada cliente sea visitado una única vez. Las Restricciones (9) – (10) garantizan que no se supere la capacidad máxima de ningún vehículo y se satisfaga la demanda de los clientes. Asimismo, dichas restricciones determinan las cargas a transportar en cada uno de los tramos. Las Restricciones (11) – (13) establecen las relaciones existentes entre el tiempo de servicio, el tiempo de inicio de atención de cada uno de los servicios y el tiempo de arribo de los vehículos al depósito. Estos conjuntos de restricciones incluyen a la constante L que es valor lo suficientemente grande y a la constante K_{ij} que representa el tiempo de espera del vehículo en el nodo j y se define como:

$$K_{ij} = \max \left\{ 0, b_i + t_i + \frac{d_{ij}}{v_{ij}} - a_j \right\} \quad (18)$$

Por último, las Restricciones (14) – (17) definen el tipo de variables incluidas en el modelo.

Es importante destacar que el modelo descrito admite ventanas de tiempo de corta duración para los clientes. Sin embargo, en el caso de estudio definido, las ventanas de tiempo cubren la totalidad de la jornada diaria y permiten garantizar que cada vehículo atienda a sus clientes asignados dentro de dicha jornada. Cabe destacar que la utilización de ventanas de tiempo estrictas podría ocasionar un aumento del tamaño de la flota o, en un caso extremo, que el problema resulte incompatible.

4.2.2. Definición de parámetros

En la Tabla 1 se presentan los valores de cada uno de los parámetros intervinientes en el modelo. Los parámetros w_1 , w_2 , w_3 y w_4 fueron tomados de Kramer et al. [8]. Mientras que Q se obtuvo a partir de la ficha técnica del vehículo. Asimismo, se define la tasa de servicio $\frac{q_i}{t_i}$ que permite definir los respectivos tiempos de servicio. Por último, f_c , f_d y f_f fueron determinados a partir de la información recabada de diversas fuentes – convenios colectivos de trabajo, periódicos, entre otros– de información económica:

Tabla 1 Definición de parámetros

Parámetro	Valor
w_1	$1,018 \times 10^{-3} \frac{\text{litro}}{\text{segundo}}$
w_2	$2,866 \times 10^{-5} \frac{\text{litro}}{\text{metro}}$
w_3	$8,403 \times 10^{-9} \frac{\text{litro}}{\text{metro} \times \text{kilo}}$
w_4	$1,412 \times 10^{-7} \text{litro} \times \frac{\text{segundo}^2}{\text{metro}^3}$

Q	2780 $\frac{kg}{}$
$\frac{q_i}{t_i}$	20 $\frac{kg}{minuto}$
f_c	1,1 $\frac{USD}{litro}$
f_d	0,00021 $\frac{USD}{segundo}$
f_f	98,839 $\frac{USD}{vehículo}$

5. RESULTADOS COMPUTACIONALES

En la presente sección se detallan los resultados obtenidos aplicando los siguientes modelos al caso de estudio:

- El PRP táctico planteado en la sección anterior.
- Una variación táctica del VRP, que incluye en el análisis los costos fijos de mantenimiento de la flota y persigue la minimización del tiempo que demandan las rutas.
- El PRP definido por Bektaş y Laporte [7], utilizando velocidades medias definidas anteriormente, es decir, la velocidad no se considera como variable de decisión.

Cabe destacar que el PRP sugerido por Bektaş y Laporte [7], a diferencia del modelo táctico planteado en el presente trabajo, no tiene en consideración el costo de mantenimiento de la flota de vehículos ($f_f = 0$). Por otro lado, el VRP táctico mencionado persigue como objetivo la minimización de la suma de los costos de mantenimiento de la flota y del costo variable asociado a los conductores ($f_c = 0$). Por tal motivo, los costos faltantes fueron calculados en una etapa de post-procesamiento con la solución óptima obtenida. Adicionalmente, se corren todos los modelos para cada día de la semana en cada instancia del problema.

La resolución de los problemas se llevó a cabo mediante el uso de un método exacto de ramificación y acotación implementado en Python 3.6.8 y resuelto con Gurobi 8.1.1 utilizando un procesador Intel Core i7, 2.80 GHz, con 12.0 GB de RAM.

5.1. PRP táctico versus VRP táctico

A continuación, la Tabla 2 presenta una comparación entre los resultados de ambos modelos. En ella, se detallan tanto la variación relativa promedio como la variación relativa máxima para una serie de indicadores claves tomando como referencia los valores obtenidos en el VRP táctico. Es decir, la variación se define como $\left(\frac{Valor\ PRP\ táctico - Valor\ VRP\ táctico}{Valor\ VRP\ táctico}\right) \times 100\%$.

Tabla 2 Comparativa entre el VRP táctico y el PRP táctico

Instancia	Variación relativa porcentual	Función objetivo [USD]	Cantidad de vehículos utilizados	Consumo de combustible [litros]	Distancia recorrida [km]	Tiempo demandado para realizar las rutas [hs]
10 clientes	Promedio	-0.20%	0.00%	-2.02%	-1.60%	0.11%
	Máxima	-0.66%	0.00%	-6.55%	-5.27%	0.22%
20 clientes	Promedio	-0.08%	0.00%	-0.77%	-0.54%	0.05%
	Máxima	-0.32%	0.00%	-3.26%	-2.71%	0.12%

50 clientes	Promedio	-0.06%	0.00%	-0.73%	-0.28%	0.19%
	Máxima	-0.11%	0.00%	-1.22%	-0.96%	0.40%
100 clientes	Promedio	-0.12%	0.00%	-1.35%	-0.61%	0.29%
	Máxima	-0.26%	0.00%	-2.89%	-2.06%	0.43%
200 clientes	Promedio	-0.26%	0.00%	-3.02%	-2.66%	0.59%
	Máxima	-0.49%	0.00%	-5.26%	-5.14%	1.07%
General	Promedio	-0.14%	0.00%	-1.58%	-1.14%	0.25%
	Máxima	-0.66%	0.00%	-6.55%	-5.27%	1.07%

Se observa que el PRP táctico demanda en promedio 0,25 % más tiempo para atender a la totalidad de los clientes que el VRP táctico. En contrapartida, obtiene ahorros del 1,58 % en consumo de combustible y de 1,14 % en distancia recorrida.

Dado que ambos modelos arrojan el mismo tamaño de flota, no se presentan grandes variaciones en el costo total. Esto se debe al peso significativo de los costos fijos, iguales para ambos modelos en todas las instancias analizadas.

Adicionalmente, se observan instancias con reducciones superiores al 6,5 % en consumo de combustible y en la distancia recorrida en favor del PRP táctico, con un detrimento del tiempo total de atención de clientes menor al 1,1 %.

En este sentido, el PRP táctico minimiza el peso por kilómetro recorrido para lograr ahorros de combustible al soler posicionarse en primer lugar a aquellos clientes con mayor dropsize, permitiendo que el vehículo viaje con menor carga durante el resto de la ruta y reduciendo el combustible consumido.

5.2. PRP táctico versus PRP

La Tabla 3 compara los resultados obtenidos por ambas versiones del PRP. En ella se detallan tanto la variación relativa promedio como la variación relativa máxima para los mismos indicadores de la Tabla 2 tomando como referencia los valores obtenidos en el PRP. Es decir, la variación se define como $\left(\frac{\text{Valor PRP táctico} - \text{Valor PRP}}{\text{Valor PRP}}\right) \times 100\%$.

Tabla 3 Comparativa entre el PRP y el PRP táctico

Instancia	Variación relativa porcentual	Función objetivo [USD]	Cantidad de vehículos utilizados	Consumo de combustible [litros]	Distancia recorrida [km]	Tiempo demandado para realizar las rutas [hs]
10 clientes	Promedio	-3.58%	-4.00%	0.08%	-0.15%	-0.20%
	Máxima	-17.91%	-20.00%	0.42%	-0.76%	-1.00%
20 clientes	Promedio	-10.08%	-11.67%	4.84%	3.90%	0.83%
	Máxima	-30.22%	-33.33%	23.43%	20.93%	6.31%
50 clientes	Promedio	-2.55%	-3.33%	4.42%	4.33%	1.32%
	Máxima	-12.76%	-16.67%	22.11%	21.63%	6.62%
100 clientes	Promedio	-0.01%	0.00%	-0.11%	-0.17%	-0.02%
	Máxima	-0.18%	0.00%	1.56%	1.35%	-0.15%

200 clientes	Promedio	-6.00%	-6.85%	2.26%	2.09%	0.50%
	Máxima	-9.90%	-11.76%	9.82%	9.53%	3.37%
General	Promedio	-4.44%	-5.17%	2.30%	2.00%	0.49%
	Máxima	-30.22%	-33.33%	23.43%	21.63%	6.62%

Dado que el PRP no incorpora en la función objetivo el costo fijo de mantenimiento de cada vehículo, la flota definida por dicho modelo es mayor a aquella definida por el PRP táctico en varias instancias del problema. Este sobredimensionamiento de la flota tiene como consecuencia que el modelo táctico disponga de costos totales menores, 4,44 % en promedio.

En contrapartida, el modelo táctico presenta un consumo de combustible 2,30 % mayor en promedio, asociados a un incremento promedio del 2 % en la distancia total recorrida.

Asimismo, la reducción del tamaño de flota permite aumentar la tasa de utilización de los vehículos que la componen.

5.3. Ruta de muestra

A continuación, se presentan los resultados de una instancia de muestra compuesta por 8 clientes. Los clientes seleccionados corresponden a los nodos 42, 59, 88, 91, 108, 152, 188 y 195, con dropsizes de 383, 321, 374, 310, 336, 270, 277 y 402 kilogramos respectivamente, totalizando 2673 kilogramos. Cabe destacar que dichos clientes fueron atendidos por un único vehículo.

Tabla 4 Resultados computacionales del modelo PRP táctico

PRP Táctico				
Costo de la ruta [USD]	Orden de Visita a los Clientes	Consumo de Combustible [litros]	Distancia Recorrida [km]	Tiempo Total de Ruta [hs]
126,52	[0, 42, 108, 88, 195, 59, 188, 152, 91, 0]	20,39	142,16	6,96

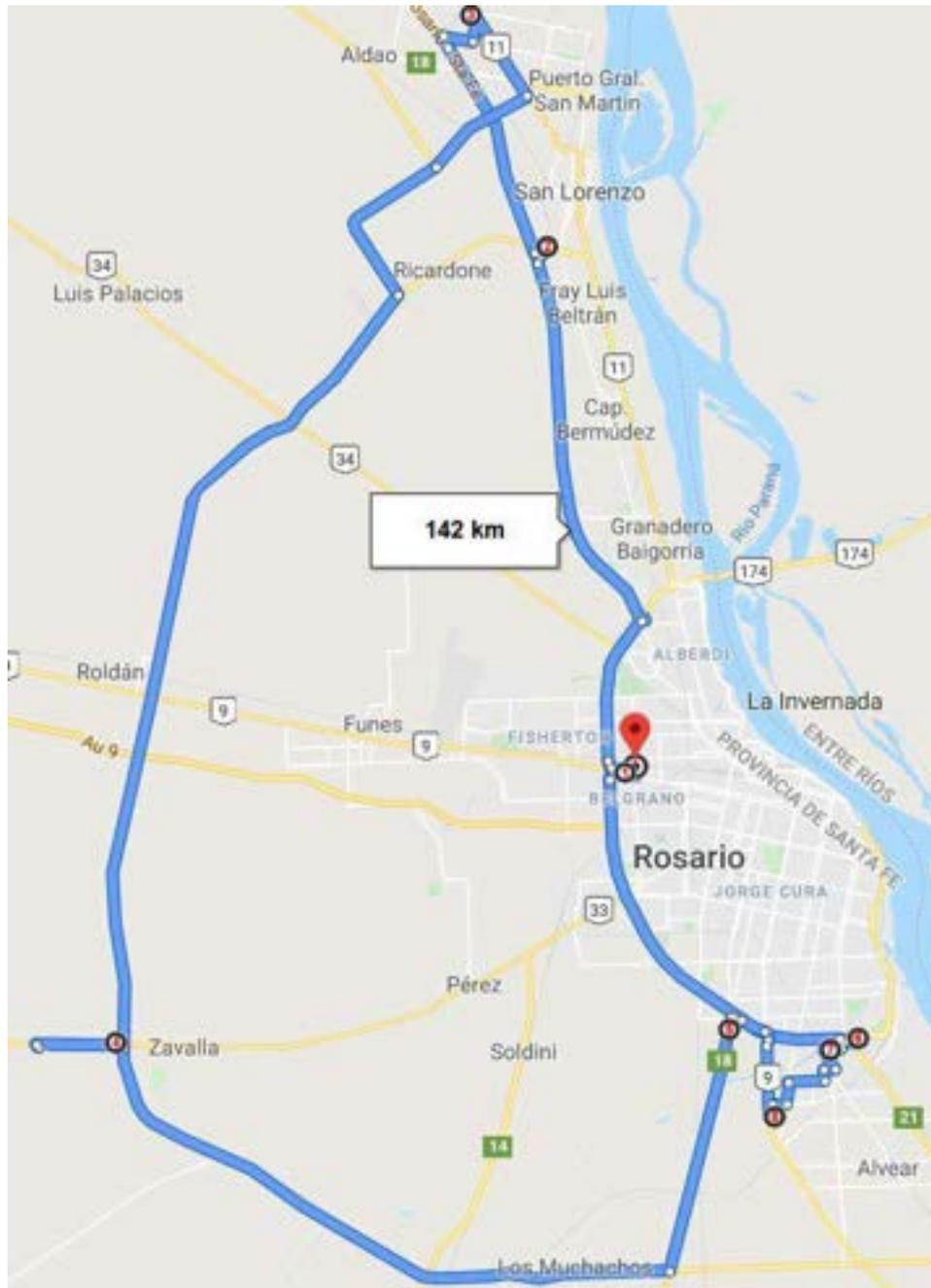


Figura 4 Ruta de muestra definida por el modelo PRP

Tabla 5 Resultados computacionales del modelo VRP táctico

VRP Táctico				
Costo de la ruta [USD]	Orden de Visita a los Clientes	Consumo de Combustible [litros]	Distancia Recorrida [km]	Tiempo Total de Ruta [hs]
131,05	[0, 42, 108, 88, 59, 188, 152, 91, 195, 0]	24,51	166,02	6,94

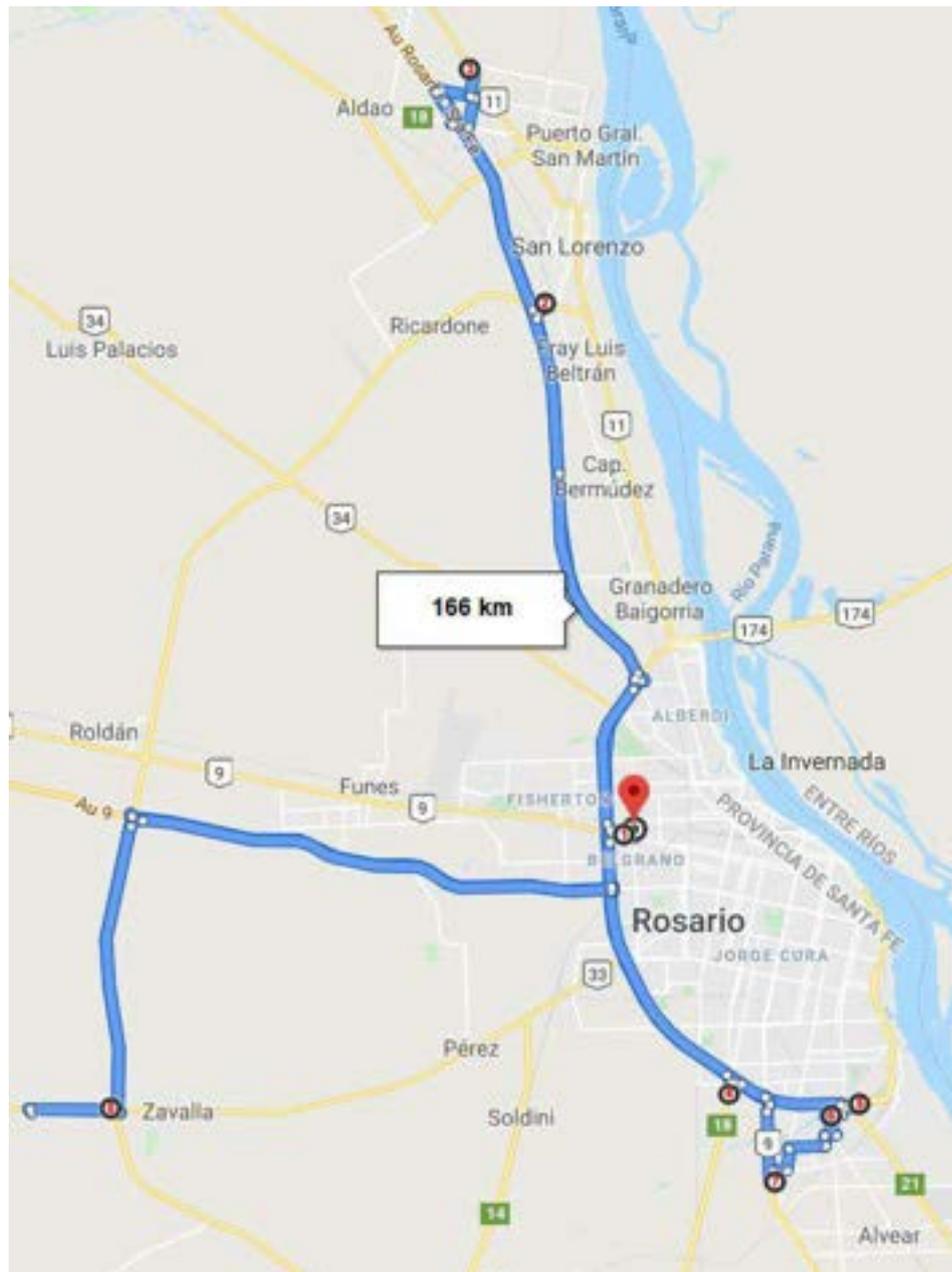


Figura 5 Ruta de muestra definida por el modelo PRP

A partir de los resultados computacionales obtenidos, se puede observar que el PRP táctico consume un 16,85% menos combustible que el VRP táctico, recorriendo una distancia un 14,37% menor. En contraste, el PRP táctico requiere un 0,28% más de tiempo para atender a la totalidad de los clientes. Desde gráficos de las rutas generadas, podemos observar que el VRP táctico prioriza la utilización de autopistas, en pos de minimizar los tiempos de traslado. En cambio, el PRP táctico selecciona las rutas de un modo estratégico, permitiendo reducir la carga transportada por kilómetro y la distancia total recorrida.

6. LIMITACIONES DEL MODELO E INVESTIGACION FUTURA

Uno de los principales objetivos de este trabajo consiste en motivar el desarrollo de investigaciones que permitan sortear las limitaciones del modelo desarrollado. Es por ello que en la presente sección se mencionarán múltiples posibilidades para extender el análisis realizado, permitiendo desarrollar modelos que se ajusten mejor a los sistemas de distribución reales. Sin embargo, no se pretende realizar una descripción absoluta o exhaustiva de las limitaciones y potenciales mejoras de dicho modelo.

En primer lugar, dentro del modelo se suponen conocidos y constantes una serie de características del sistema – demanda, tiempo de servicio, tiempo de traslado, entre otros –. Sin embargo, estas características suelen verse afectadas por incertidumbre en los sistemas reales. A partir de ello, dicha incertidumbre podría ser modelada mediante la incorporación de variables con distribuciones de probabilidad estimadas a partir de diversas fuentes, como información histórica.

En segundo lugar, el modelo realiza una serie de simplificaciones para estimar el combustible consumido. Estas simplificaciones – omitir la pendiente de las rutas, el estilo de conducción de los choferes o los efectos de aceleraciones y desaceleraciones – podrían generar grandes errores en la estimación del consumo de combustible. Dichos errores podrían mitigarse mediante el desarrollo de modelos de ruteo que analicen en mayor profundidad la relación entre todas variables intervinientes, si bien esta nueva relación podría traer aparejada la pérdida de linealidad del modelo.

Otra limitación del problema es su complejidad computacional. Dicha complejidad dificulta el alcance de soluciones de calidad aceptable mediante la utilización de métodos exactos – método de ramificación y acotación, por ejemplo – en tiempos computacionales razonables. Es por ello que futuras investigaciones podrían enfocarse en el desarrollo de algoritmos heurísticos – algoritmos que no garantizan alcanzar la solución óptima – que permitan alcanzar soluciones de calidad aceptable en tiempos computacionales reducidos.

Por otra parte, el modelo desarrollado contempla la utilización de un único depósito. Sin embargo, esta situación no es aplicable a la totalidad de las redes de distribución. Por ello, el modelo podría extenderse para contemplar la utilización de más de un depósito, sin cambiar el enfoque sustentable.

Luego, el PRP podría complejizarse al intentar definir la localización óptima del depósito, incorporando en el análisis una visión estratégica. Dichos problemas se denominan Location-Routing Problems.

Por otro lado, el surgimiento de vehículos eléctricos para el transporte de carga con autonomía reducida motiva la definición de modelos donde se debe analizar el momento de recarga de la batería. En línea con ello, el creciente aumento en el uso de drones dentro de la distribución de correspondencia requiere de modelos de ruteo innovadores que combinen la utilización de vehículos terrestres tripulados y aéreos no tripulados.

Asimismo, la presencia de redes de distribución con entregas y recogidas en simultáneo invita a desarrollar modelos que realicen ambas tareas de un modo sustentable.

Por último, se podrían desarrollar modelos de ruteo sustentables que contemplen la modificación de las rutas en tiempo real. Es decir, modelos que permitan alterar las rutas en función de los imprevistos que se produzcan – trayectos bloqueados, alteración en la demanda de un cliente, congestión en determinados tramos, existencia de nuevos pedidos, entre otros –.

7. CONCLUSIONES

El transporte de productos constituye una actividad extremadamente importante y de complejidad creciente en las áreas urbanas. Éste permite el desarrollo de la mayoría de las actividades en dichas áreas, mientras impacta negativamente en su entorno mediante la generación de ruido, emisiones y congestión vehicular. En este sentido, el diseño de redes de distribución adecuadas – incorporando decisiones estratégicas, tácticas y operativas – permite mitigar este impacto [9].

El presente trabajo aspira a mejorar la toma de decisiones en el plano táctico y operativo, incorporando el análisis de las externalidades ambientales. Dichas externalidades han sido omitidas durante años en los modelos de ruteo tradicionales al considerar que las rutas óptimas son aquellas que demandan una menor cantidad de tiempo. Este enfoque sería razonable de no existir una estrecha relación entre el combustible consumido, la velocidad del vehículo en cada tramo y el factor de carga del vehículo, entre otros factores. Luego, resulta evidente que la minimización del tiempo demandado para realizar la totalidad de las rutas es un objetivo parcialmente contrapuesto con la minimización del consumo de combustible de la flota y, por ende, con la reducción de las emisiones.

El PRP sortea la dificultad mencionada anteriormente al integrar dichos objetivos a partir de su costo. Al considerar la versión más simple del modelo es posible distinguir dos costos principales, uno asociado al combustible consumido y otro vinculado al tiempo demandado para realizar las rutas. Luego, al considerar que el VRP persigue la minimización del tiempo demandado para realizar dichas rutas, se puede concluir que este último modelo constituye un caso particular del PRP y, por ende, la solución óptima del PRP será mejor o igual a la solución óptima del VRP, en términos del costo total.

Lo anterior puede entonces trasladarse a aquellos modelos tácticos que incluyen los costos fijos de cada vehículo dentro del análisis, para determinar el tamaño óptimo de flota. Los resultados computacionales descriptos en la Sección 5 reflejan las mejoras sustanciales que puede ofrecer el PRP táctico en términos de consumo de combustible, acompañadas de mejoras leves en los costos totales. Asimismo, dichos resultados reflejan que no es necesario relegar en gran medida el tiempo total demandado para atender a los clientes en virtud de conseguir reducciones significativas en el consumo de combustible y, generalmente, una reducción del costo global.

Por otra parte, las mejoras ofrecidas por el PRP táctico encuentran su origen en el posicionamiento racional de los clientes dentro de cada ruta, en comparación con el VRP táctico. En otras palabras, el primer modelo tiende a ubicar a aquellos clientes con mayor dropsize dentro de las primeras posiciones de atención de la ruta, permitiendo que el vehículo traslade menores cargas durante una mayor cantidad de kilómetros. Esto último se traduce en una reducción del combustible consumido.

Lo expuesto anteriormente refleja la necesidad de cambiar el paradigma actual con el que operan muchas empresas, para capitalizar los grandes beneficios que ofrecen los modelos de ruteo enmarcados dentro de la logística verde. Para aquellas empresas que persiguen únicamente la disminución de los costos, el PRP sugerido ofrece reducciones leves del costo total. De igual modo, para aquellas empresas que deseen operar de manera sustentable, las reducciones sustanciales de las emisiones de GEI – originadas por la minimización del combustible consumido – resultan sumamente atractivas.

Por otro lado, al realizar una comparativa del PRP táctico con su versión simplificada se pone de manifiesto la tendencia que posee el modelo seminal a sobredimensionar el tamaño de la flota. Este sobredimensionamiento se origina al omitir los costos fijos asociados a cada vehículo. En este sentido, el modelo propuesto podría resultar útil al momento de determinar tamaños de flota óptimos que minimicen los costos totales. Esto último refleja la sensibilidad del tamaño de la flota ante variaciones

de los costos fijos de cada vehículo. En determinados casos, con reducciones significativas en los costos fijos, una flota de mayor tamaño podría resultar más económica por permitir alcanzar mayores ahorros de combustible.

Asimismo, el PRP táctico propuesto demanda como información de entrada la totalidad de las distancias y tiempos de traslado asociados a cada tramo posible. Este mayor requerimiento de información, en relación a la versión introducida por Bektaş y Laporte [7], evita que el modelo realice el cálculo de las velocidades medias óptimas que permiten minimizar el combustible consumido en cada trayecto. Dicho cálculo carece de lógica dentro de las aplicaciones reales, puesto que la velocidad media dentro de un tramo no es una variable fácilmente manipulable por el conductor de un vehículo, encontrándose influenciada por las condiciones del entorno – estado de las rutas, congestión vehicular, entre otras –.

En esencia, este trabajo propone realizar las actividades de ruteo de un modo más responsable, comprendiendo y mitigando el gran impacto ambiental que estas actividades generan. Además, exhibe que la persecución de este objetivo no implica atentar contra los costos asociados a la operación de una flota de vehículos.

REFERENCIAS.

- [1] Crainic, T. G.; Laporte, G. (1997). "Planning models for freight transportation". Design and operation of civil and environmental engineering systems. Wiley-Interscience, p. 343-394. New York
- [2] Mora, C.; Frazier, A. G.; Longman R. J.; Dacks, R. S.; Walton, M. M.; Tong, E. J.; Sanchez, J. J.; Kaiser, L. R.; Stender, Y. O.; Anderson, J. M., et al. (2013). "The projected timing of climate departure from recent variability". Nature, vol. 502, no. 7470, p. 183-187.
- [3] Bernstein, L.; Bosch, P.; Canziani, O.; Chen, Z.; Christ, R.; Riahi, K. (2008). "Climate change 2007. Synthesis report"
- [4] Ríos, R. A.; Arango, F.; Acevedo-Daunas, R.; Vicentini, V. L. (2013). "Estrategias de Mitigación y Métodos para la Estimación de las Emisiones de Gases de Efecto Invernadero en el Sector Transporte". Banco Interamericano Del Desarrollo, p. 45-48.
- [5] Sbihi, A.; Eglese, R. W. (2007). "Combinatorial optimization and green logistics". 4OR, vol. 5, no. 2, p. 99-116.
- [6] Dantzig, G. B.; Ramser, J. H. (1959). "The truck dispatching problem". Management science, vol. 6, no 1, p. 80-91.
- [7] Bektaş, T.; Laporte, G. (2011). "The pollution-routing problem". Transportation Research Part B: Methodological, vol. 45, no 8, p. 1232-1250.
- [8] Kramer, R.; Subramanian, A.; Vidal, T.; Lucídio dos Anjos, F. C. (2015). "A matheuristic approach for the pollution-routing problem". European Journal of Operational Research, vol. 243, no. 2, p. 523-539.
- [9] Mascarino, E. E. (2018). "Last-mile network design for urban commodity distribution in Latin America". Master dissertation, Massachusetts Institute of Technology.

Gestión del Ciclo de Vida del Producto en la Industria 4.0

Salimbeni, Sergio Duilio

sergio.salimbeni@usal.edu.ar

Universidad del Salvador (Argentina)

Fecha de recepción: 05/07/2020

Fecha de aprobación COINI: 11/09/2020

Fecha de aprobación RIII: 22/06/2021

RESUMEN

La demanda del mercado es cambiante, lo que redundará en la reconfiguración de las cadenas de valor de los proveedores, empresas y clientes. Las compañías buscan diferenciarse a través del agregado de valor a sus productos y servicios. Los productos inteligentes, desde su concepción hasta su retiro o reutilización son una pieza clave en esta nueva revolución industrial. La Industria 4.0 permite una gestión extremo a extremo, desde el relevamiento de los requerimientos del cliente, hasta la reutilización o reciclaje. Gestionar la información del ciclo de vida del producto ofrece respuestas a las necesidades actuales de la demanda y mejora el desempeño de las empresas. Para ello, la Industria 4.0 puede lograr, entre otros desafíos, la convergencia entre los Sistemas de las Tecnologías de la Información y los Sistemas de Tecnología Operacional. Para este trabajo se estudiaron artículos científicos y las normas IEC 62.890 y IEC 62.264. El objetivo principal del estudio fue proponer una fase adicional al Ciclo de Vida del Flujo de Valor del Modelo de Arquitectura de Referencia de la Industria 4.0, combinándolo con una integración tanto horizontal como vertical. Se propone, para futuras investigaciones, su validación a través de un caso práctico de digitalización de los productos y del proceso central de una empresa.

Palabras Claves: Industria 4.0; Ciclo de Vida del Producto; Flujo de Valor; RAMI 4.0; Producto Inteligente

Product Life Cycle Management in Industry 4.0

ABSTRACT

Market demand is changing, which results in the reconfiguration of the value chains of suppliers, companies and clients. Companies seek to differentiate themselves by adding value to their products and services. Smart products, from their conception to their removal or reuse, are a key piece in this new industrial revolution. Industry 4.0 allows an end-to-end management, from the survey of customer requirements, to reuse or recycling. Managing product life cycle information provides answers to the current demand needs and improves business performance. For this, Industry 4.0 can achieve, among other challenges, the convergence between Information Technology Systems and Operational Technology Systems. During this work, scientific articles and the IEC 62.890 and IEC 62.264 standards were studied. The main objective of the study was to propose an additional phase to the Value Flow Life Cycle of the Industry 4.0 Reference Architecture Model, combining it with both horizontal and vertical integration. It is proposed, for future research, its validation through a practical case of digitization of products and the core process of a company.

Keywords: Industry 4.0; Product Life Cycle; Value Stream; RAMI 4.0; Smart Product

Gerenciamento do Ciclo de Vida do Produto na Indústria 4.0

RESUMO

A demanda do mercado está mudando, o que resulta na reconfiguração das cadeias de valor de fornecedores, empresas e clientes. As empresas buscam se diferenciar adicionando valor aos seus produtos e serviços. Produtos inteligentes, desde sua concepção até sua finalização ou reutilização, são peças-chave nesta nova revolução industrial. A Indústria 4.0 permite o gerenciamento de ponta a ponta, desde a coleta dos requisitos do cliente até a reutilização ou reciclagem. O gerenciamento das informações do ciclo de vida do produto fornece respostas às necessidades de demanda atuais e melhora o desempenho dos negócios. Para isso, a Indústria 4.0 pode alcançar, entre outros desafios, a convergência entre Sistemas de Tecnologia da Informação e Sistemas de Tecnologia Operacional. Para este trabalho, foram analisados artigos científicos e as normas IEC 62.890 e IEC 62.264. O objetivo principal do estudo foi propor uma fase adicional ao Ciclo de Vida do Modelo de Arquitetura de Referência do Fluxo de Valor da Indústria 4.0, combinando-o com a integração horizontal e vertical. Propõe-se, para pesquisas futuras, sua validação por meio de um caso prático de digitalização de produtos e do processo central de uma empresa.

Palavras chave: Indústria 4.0; Ciclo de vida do produto; Fluxo de valor; RAMI 4.0; Produto inteligente

1. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se propone la ampliación del concepto de Ciclo de Vida del Producto bajo el contexto de la I4.0 (Industria 4.0). Se exponen las ventajas de ampliarlo, haciendo uso de las nuevas tecnologías de la información como de los sistemas de tecnología operacional, todo ello enmarcado en el modelo RAMI4.0 ("Reference Architectural Model Industrie 4.0").

La metodología utilizada se basó en un enfoque mixto y desde la perspectiva de la ingeniería industrial. El alcance de la investigación fue exploratorio y descriptivo. La metodología, para el marco teórico: búsqueda y gestión bibliográfica, fichas de lectura, método de mapeo y de pentágono.

Su fundamentación se basa en que la demanda del mercado es cambiante y las empresas buscan agregar valor para diferenciarse. La I4.0 permite una gestión de extremo a extremo, desde el relevamiento de requerimientos de parte de los clientes, hasta la oferta de nuevos servicios de posventa, todo ello enmarcado dentro de la RAMI4.0.

Como instrumento estratégico, la gestión del ciclo de vida del producto, PLM (Product Lifecycle Management), permite a las empresas agregar valor, el cual debe ser percibido por los clientes, obteniendo una ventaja competitiva (Xin and Ojanen 2018).

PLM es una estrategia comercial utilizada por los fabricantes para respaldar el PLC (Product Life Cycle) mejorando el desempeño comercial a través de una combinación de organización, procesos, metodología y tecnología.

Muchas empresas manufactureras buscan adaptar sus instalaciones para poder posicionarse mejor frente a estos nuevos desafíos, siendo uno de los mayores, el encontrar la manera adecuada de dar forma a las ventajas competitivas en la era de la I4.0; esto es una condición de su supervivencia a largo plazo en el mercado (Adamik and Nowicki 2018).

La digitalización de partes y productos, a lo largo de todo el ciclo de vida, permite que la información se comparta, no solo entre todos los departamentos de la empresa, sino también con los proveedores y clientes. El intercambio de datos, como el hecho de compartir información dentro de una comunidad, se considera que juega un papel crucial en la gestión del conocimiento. El intercambio de información es considerado, por la mayoría de las empresas, como uno de los temas más importantes en la gestión del conocimiento, lo que permite mejorar la eficiencia, la calidad y el tiempo de comercialización en el desarrollo de nuevos productos (Gao and Bernard 2018).

Estudios de la consultora LNS Research (Align technology to create market advantage 2018), destacan que la mejora de la calidad se encuentra entre los principales casos de uso para la transformación industrial, seguidos por la mejora de la eficiencia operativa, los productos conectados, el "gemelo digital", el trabajador conectado y el mantenimiento predictivo de activos.

Un aspecto interesante para destacar, es que un vasto número de iniciativas I4.0 centradas en la calidad no son lideradas por los Departamentos de Calidad de las empresas sino por las áreas de Operaciones, Ingeniería, Ventas o Marketing (Eng and Nikolova-Jahn 2019); este es un aspecto que se debe mejorar en la transición hacia una I4.0.

En el punto 2 del presente documento se realiza una introducción al concepto de la I4.0 y una descripción del marco de referencia de su arquitectura, el denominado RAMI4.0. En el punto 3 se desarrolla el concepto tradicional del Ciclo de Vida de un producto, el flujo de valor dentro de la empresa, los

productos inteligentes y el Ciclo de vida del producto en la I4.0. Finalmente, se encuentran las conclusiones en el punto 4.

2. INDUSTRIA 4.0 Y RAMI 4.0.

Las tecnologías digitales se han estado convirtiendo en factores clave para aquellas empresas que buscan alcanzar sus metas (Nylén and Holmström 2015). La aplicación de dichas tecnologías a los negocios es denominada Transformación Digital, y cuando la Transformación Digital llega a la industria se la conoce como la 4ta revolución industrial.

En la feria de Hannover 2011, y por primera vez, se menciona a este fenómeno como Industry 4.0” (Matt 2020)(Qin, Liu, and Grosvenor 2016)(Sanders, Elangeswaran, and Wulfsberg 2016). El término I4.0 describe la revolución de la industria manufacturera alrededor del mundo (Matt 2020).

El foco de la I4.0 es la combinación de la producción, las tecnologías de la información e Internet (Matt 2020). La I4.0 es la integración e interacción de tecnologías, tanto en los dominios digitales como físicos, lo cual la diferencian de otras revoluciones industriales (Demartini and Tonelli 2018); los objetos inteligentes se comunican entre sí y se crea una Internet de objetos y servicios. El mundo físico y el mundo virtual se integran en sistemas ciberfísicos (Sommer 2015).

Existen nuevas técnicas, herramientas y tecnologías que conforman la I4.0, tales como la Computación en la Nube, las Tecnologías Móviles, las Comunicaciones entre Máquinas y la Impresión Aditiva (Figura1); no obstante, se podría decir que los pilares de la I4.0 son la AI (Inteligencia Artificial), los CPS (Sistemas ciberfísicos) y la CC (Computación en la Nube).

Un factor clave en el desarrollo de la I4.0 ha sido el IoT (Internet of things), en particular el IIoT (Industrial Internet of Things). En términos generales, el IIoT es la aplicación de instrumentos, sensores y dispositivos conectados a máquinas y procesos en entornos industriales (IIoT Industrial IoT use cases and applications n.d.).

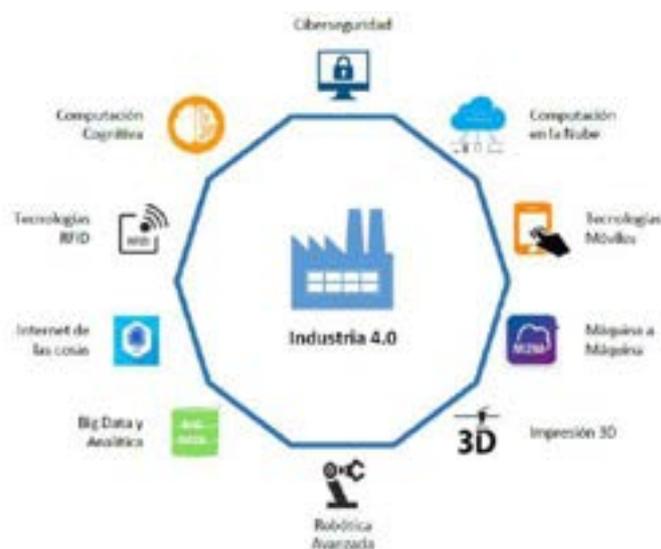


Figura 1 Industria 4.0. Fuente: propia

Existen dos requisitos básicos para construir una plataforma I4.0 (Lin et al. 2018): en primer término, la definición de una estructura de comunicación y segundo, el desarrollo de un lenguaje común con sus propios signos, alfabeto, vocabulario, sintaxis, gramática, semántica y cultura.

Del mismo modo, es indispensable lograr la conectividad e interoperabilidad entre dispositivos; ella es una de las características más salientes de la Transformación Digital aplicada a la industria (Leitão, Colombo, and Karnouskos 2016). Por ese motivo, fue creada en 2013 la arquitectura de la plataforma I4.0, la cual fue denominada RAMI4.0. La misma fue desarrollada por tres asociaciones industriales: BITKOM, VDMA and ZVEI y es actualmente liderada por el BMWi y el BMBF (DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE 2018).

La RAMI4.0 es un mapa tridimensional que muestra cómo abordar la I4.0 de manera estructurada y garantiza que todos los interesados en la I4.0 se entiendan entre sí. Es una arquitectura orientada al servicio que combina todos los elementos y componentes de las IT (Tecnologías de la Información) en un modelo de capas y ciclo de vida.

La RAMI4.0 desagrega procesos complejos en paquetes fáciles de comprender, los cuales incluyen privacidad de datos y seguridad de IT, entre otros. Se observa su representación en la Figura 2.

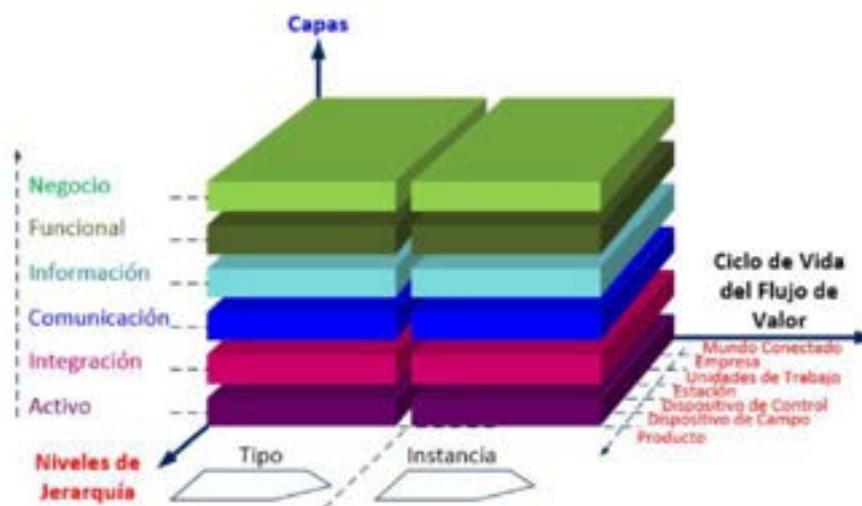


Figura 2 RAMI 4.0. Fuente: propia

Este modelo de referencia arquitectónico está representado en tres dimensiones: (1) Capas (de arquitectura empresarial), (2) Ciclo de Vida del Flujo de Valor y (3) Niveles de Jerarquía.

El primer eje, Capas, posee 6 niveles, a saber: (1) “Negocio”, el cual se refiere a la estrategia de negocios de la empresa y responde a la pregunta: ¿cuánto está dispuesto a pagar mi cliente por mi producto? (2) “Funcional”, que define el papel de los “assets” (activos) dentro del sistema I4.0 y responde a la pregunta: ¿qué se supone que mi producto debe hacer? (3) “Información”, que se refiere a los datos organizados y debe responder a la pregunta: ¿qué datos debe proveer mi producto? Este punto es muy importante ya que comienza a definir a los denominados Productos Inteligentes. (4) “Comunicación”, que se ocupa de transmitir y recibir datos y debe responder a la pregunta: ¿cómo mi cliente y mi empresa pueden acceder a los datos? (5) “Integración”, que es el enlace entre la capa física y el mundo digital y responde

a la pregunta: ¿qué partes de mi producto están digitalizados? y por último el (6) “Asset” o activo, que son las “cosas” físicas o intangibles en el mundo real y responde a la pregunta: ¿cómo integrar al proceso mi producto o servicio para llevarlo al mundo real? La representación de este eje deja en claro la participación de cada “Asset” en la estrategia final del negocio.

El segundo eje pertenece al Ciclo de Vida del Flujo de Valor, el cual se basa en el estándar IEC 62.890 (STANDARD_RAMI40-IEC62890 (Life Cycle Value Stream) - 2017 - (68).pdf n.d.). Cada empresa tiene una serie de actividades en sus procesos, los cuales agregan valor; ese es el denominado Flujo de Valor. A su vez, cada organización tiene sus proveedores y clientes, quienes también poseen su Flujo de Valor; ese conjunto conforma el llamado Sistema de Valor. El flujo de valor de una empresa se ve representado por su “Ciclo de Vida”, es decir, las diferentes fases por las que, indefectiblemente, transita. La RAMI4.0 representa ese Ciclo de Vida del Flujo de Valor en dos grandes Fases denominadas: “Tipo” e “Instancia” (Fig.3). El “Tipo” tiene a su vez dos subfases: Desarrollo y Mantenimiento; la fase Instancia posee también dos subfases: Producción y Mantenimiento. Por ejemplo, para un fabricante de motores, en la fase Tipo, la subfase Desarrollo estaría conformado por todos los pasos de un desarrollo de producto, mientras que la siguiente subfase, Mantenimiento, se refiere al mantenimiento del diseño, es decir, por ejemplo, actualizaciones de diseño, “updates” y “upgrades” de hardware y / o software. En la fase Instancia, perteneciente ya a Operaciones, la subfase Producción se refiere, en este ejemplo, a la fabricación del motor, mientras que la subfase Mantenimiento (de Instancia), son los servicios de posventa correspondientes a dicho motor. Esto se observa en la Figura 3.

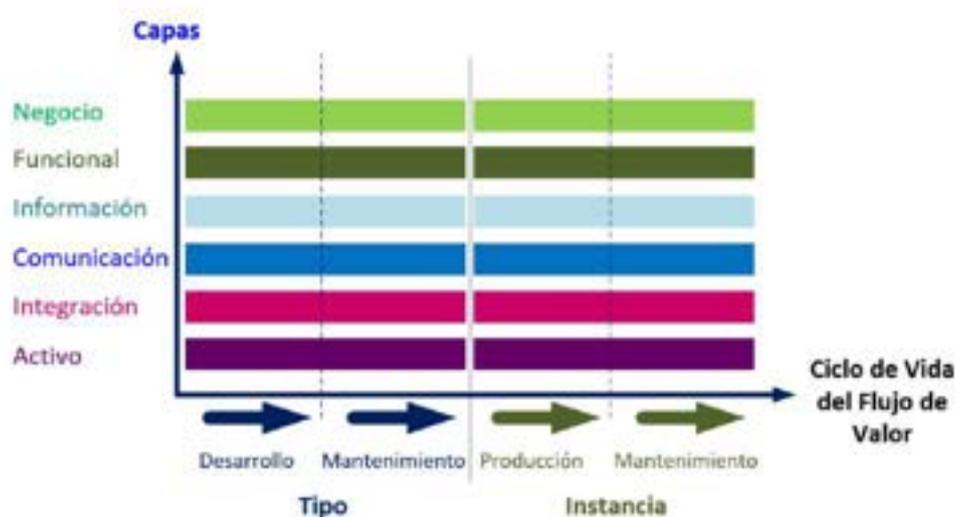


Figura 3 Ciclo de Vida del Flujo de Valor RAMI4.0. Fuente: propia

El tercer eje, Niveles de Jerarquía, está basado en los estándares ISO/IEC 62264 (Manufacturing Architecture Product) (Batchkova, Gocheva, and Georgiev 2017) y el modelo RAMI4.0 amplía los niveles de jerarquía en la parte inferior, añadiendo un séptimo nivel “Producto” o “Pieza de Trabajo”. Se tiene entonces en este eje “Niveles de Jerarquía”: el (1) el Mundo Conectado, (2) la Empresa, (3) el Centro de Trabajo, (4) la Estación, (5) el Dispositivo de Control, (6) el Dispositivo de Campo y (7) el Producto.

3. CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO Y FLUJO DE VALOR

3.1. Ciclo de Vida del Producto

Para la formulación del problema de estudio, se debe primero diferenciar conceptualmente el significado del Ciclo de Vida del Producto del significado del Flujo de Valor de la empresa.

El Ciclo de Vida del Producto es el volumen demandado por el mercado en función del tiempo. Se representa la demanda en el eje vertical, en cantidades o unidades monetarias y en el horizontal períodos de tiempo, normalmente expresados en años. En ciertos casos, se puede representar también la contribución marginal o ganancia en el mismo eje vertical.

“El ciclo de vida del producto consiste en la demanda agregada, por un tiempo prolongado, de todas las marcas (fabricantes) que comprenden una categoría de producto genérico. Un ciclo de vida se puede representar graficando el volumen agregado de ventas de una categoría de producto en el tiempo, comúnmente en años”. (Stanton, William J. (University of Colorado–Boulder). Etzel, Michael J. (University of Notre Dame) & Walker n.d.). Es decir, desde la perspectiva de la comercialización, se entiende por PLC (Product Life Cycle) el tiempo transcurrido desde el lanzamiento del producto, pasando por las etapas de crecimiento y madurez, hasta la declinación de su demanda (Figura 4). La propuesta de este trabajo es extender el PLC más allá de sus límites actuales.

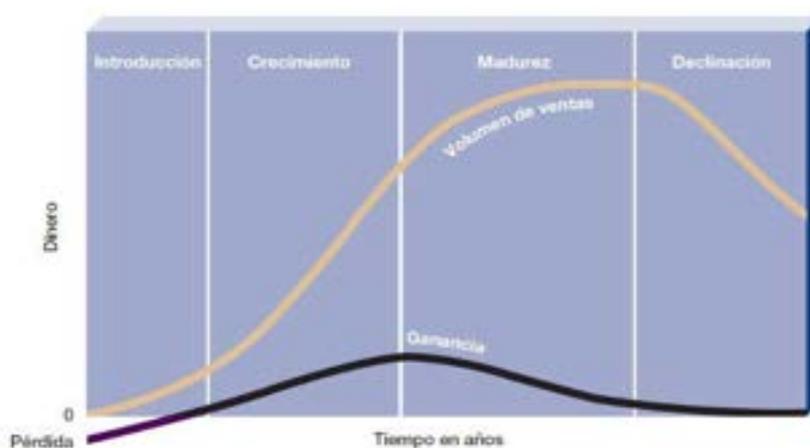


Figura 4 Ciclo de Vida del Producto. Fuente: Fundamentos de Marketing

3.2. Ciclo de Vida del Flujo de Valor de la empresa

El flujo de valor de una empresa u organización es la serie de actividades desde el inicio del agregado de valor hasta la entrega del producto, servicio o resultado final al cliente. Es básicamente la combinación de los procesos de creación y entrega de valor. Se representa a través de un mapa de flujo de valor, el cual es una herramienta que se usa frecuentemente en los sistemas “esbeltos” para la eliminación de desperdicios.

El mapa de flujo de valor es útil porque crea una representación visual de todos los procesos centrales que intervienen en el flujo de materiales e información en la cadena de valor de la empresa. Para cada paso del proceso se colectan datos de modo de conocer: (1) el costo estimado de cada actividad, (2) el

tiempo del proceso, (3) los tiempos de recambio, (4) los tiempos de espera en colas, (5) los tiempos de demandas, (6) la cantidad de productos diferentes, (7) los tiempos netos de trabajo y (8) la cantidad de defectos y retrabajos (George 2004).

Se observa en la figura 5 la representación del valor agregado por una empresa, desde la recepción de materiales de parte del proveedor hasta la entrega del producto a su cliente.



Figura 5 Flujo de Valor. Fuente: adaptado del BABoK™ IIBA™

En resumen, los mapas de flujo de valor abarcan toda la cadena de la empresa desde la recepción de las materias primas, de parte de sus proveedores, hasta la entrega del producto, servicio o resultado al cliente, el cual puede ser un usuario final u otra empresa. Dicha representación temporal es el denominado Ciclo de Vida del Flujo de Valor y tiende a ser más amplio en su alcance que un mapa de procesos o un diagrama de flujo estándar.

3.3. Productos Inteligentes y Ciclo de vida del producto en la Industria 4.0

Desde una mirada más amplia, se puede decir que existen necesidades, oportunidades o problemas a los cuales las empresas deben dar respuesta. La demanda del mercado es actualmente poco leal a las marcas, se producen efectos de cambios permanentes y los PLC son más breves. Debido a ello, las empresas deben adaptarse rápidamente a la demanda y sus líneas de producción deben ser flexibles, aunque manteniendo, o aún, mejorando, la productividad y calidad del producto.

Las distribuciones actuales de procesos de manufactura no dan una respuesta adecuada a ello (Malhotra 2009). Si bien un "Proceso de Trabajo" crea la flexibilidad necesaria para producir una amplia variedad de productos en cantidades significativas, con complejidad y divergencia considerables y un grado de personalización alto y volumen de producción bajo, no se adaptan perfectamente a la I4.0. La flexibilidad

necesaria en la configuración de las plantas de producción es, actualmente, otro de los impulsores de la I4.0.

Observando el macroambiente, se ve claramente que este proceso de desarrollo de un producto o servicio comienza con la detección de una necesidad de la demanda, la cual es interpretada generalmente por los departamentos de Marketing y Ventas, y llevada a la práctica por las áreas de Investigación y Desarrollo de las empresas, todo ello antes de pasar a Producción y Comercialización.

En el otro extremo de esta extensa serie de actividades productivas, y ya con el producto en manos del cliente, el desuso y desecho del producto obliga a la empresa a hacerse responsable y completar este proceso, generando de este modo una economía circular (Figura 6).



Figura 6 Economía Circular. Fuente: propia

Se propone, entonces, extender el concepto original del PLC, comenzando ahora con la detección de la necesidad del mercado, antes de la fase de introducción, y finalizando con la reutilización del producto o de sus partes constitutivas (Figura 7). A la gestión de ese ciclo completo se la denomina Gestión del Ciclo de Vida del Producto 4.0.

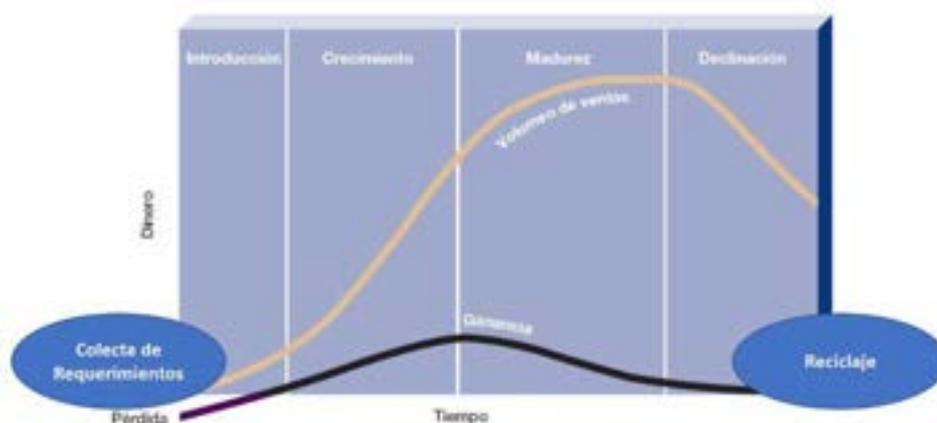


Figura 7 Ciclo de Vida extendido. Fuente: adaptada de Fundamentos de Marketing

Los avances y tecnologías de la I4.0 ofrecen nuevas perspectivas hacia la concepción de un ciclo de vida de un espectro más amplio. La I4.0 establece un cambio en la mejora de las ventajas físicas para optimizar la forma en que se utiliza los datos y la información a lo largo del ciclo de vida. Esta mejora conduce a un flujo de datos de extremo a extremo que atraviesa todo el ciclo de vida del producto. No sólo Marketing se vería beneficiado por ello, sino, por ejemplo, en la fase de operación se podrían utilizar nuevas tecnologías para agregar servicios de alto valor a los productos, tales como servicios de mantenimiento prescriptivos.

La I4.0 no se reduce al intercambio electrónico de información sino que busca la digitalización del ciclo de vida completo del producto (Sarachaga et al. 2019); la integración del ciclo de vida de la fábrica, el proceso y el producto, es un objetivo clave que se persigue pero que aún no se ha alcanzado (Ferreira et al. 2016).

Cuando se habla de digitalización, se refiere a la capacidad que un “activo” (insumo, conocimiento, parte, producto, máquina, proceso) sea identificable, monitoreable y controlable (Figura 8)

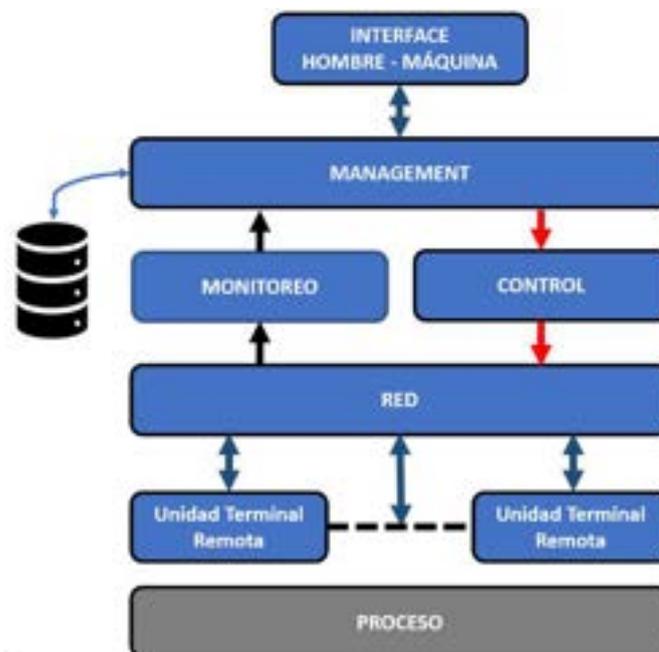


Figura 8 Monitoreo y Control. Fuente: adaptado de W. Armando Colombo

La característica de la digitalización permite, en primer lugar, la mejora del desarrollo de productos y procesos. La sensorización puede proporcionar información del estado del producto, y sus partes constitutivas, en tiempo real, con el fin de mejorar el proceso de fabricación. En segundo lugar, la digitalización, ayuda a reducir el tiempo de comercialización del producto y, en tercer lugar, puede mejorar la gestión de la energía (Xin and Ojanen 2018).

Estudios actuales, fundamentalmente en Alemania, comprueban que la digitalización y automatización mejora la productividad de las empresas. Durante los próximos cinco a diez años, la I4.0 será adoptada por más compañías, lo que aumentará la productividad en todos los sectores manufactureros alemanes (Rüßmann et al. 2015).

Para lograrlo, el Sistema de Valor completo debe ser digitalizado, tanto los proveedores, las fábricas intermedias y la empresa cliente (Figura 9).



Figura 9 Sistema de Valor 4.0. Fuente: propia

3.4. Integración de la información en el Ciclo de Vida del Producto 4.0.

Considerando las nuevas necesidades de las industrias y sirviéndose de las ventajas de los productos inteligentes (productos digitalizados), se plantea en este artículo extender el concepto del ciclo de vida del producto y, consecuentemente, del flujo de valor de la empresa en la arquitectura RAMI4.0. Para ello se propone una subfase ubicada antes de la subfase de Desarrollo de dicho modelo, la cual denominamos “Análisis y Planificación”, el cual es un proceso más intelectual que físico.

Un proceso de desarrollo de producto, es la secuencia de pasos o actividades que una empresa utiliza para concebir, diseñar y comercializar un bien (Ulrich, Karl T. (University of Pennsylvania). Eppinger 2009). Como se acaba de mencionar, en la subfase de Desarrollo del modelo RAMI4. no se consideran los pasos anteriores a éste, es decir, las actividades de Análisis y Planificación, y de allí nuestra propuesta.

Las etapas para el desarrollo de un producto, según (Ulrich, Karl T. (University of Pennsylvania). Eppinger 2009) son: (1) planificación, (2) desarrollo del concepto, (3) diseño en el nivel sistema, (4) pruebas y refinamiento y (5) inicio de la producción (Figura 10).

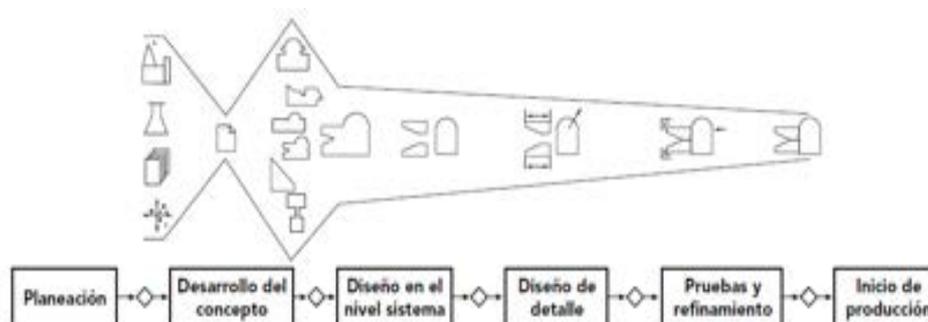


Figura 10 Proceso genérico de desarrollo de producto. Fuente: Diseño y Desarrollo de Productos

Las dos primeras etapas de este modelo de Proceso de Desarrollo de Producto, Planificación y Análisis, contienen una serie de actividades cuyos registros y datos colectados no son habitualmente compartidos con toda la organización. Si ello se llevara a cabo, no solo el área de Manufactura se vería beneficiada, sino también las áreas de Marketing, incluyendo Investigación de Mercado y Diseño, Control de Calidad, Administración y Finanzas entre otros.

De esta manera, se podrían definir y monitorear una mayor cantidad y calidad de indicadores de gestión, lo cual redundaría, no solo en un mejor desempeño de la empresa, sino en una mejora en la relación con los proveedores y clientes.

Se muestra en la Tabla 1 las tareas más importantes y la información que estaría disponible para cada departamento de la empresa.

Tabla 1 Proceso genérico de desarrollo de producto. Fases de planificación y desarrollo. Fuente: propia del autor.

ÁREAS DE LA EMPRESA	FASE DE ANÁLISIS Y PLANIFICACIÓN	FASE DE DESARROLLO DE CONCEPTO
Marketing	Articular oportunidad de mercado. Definir segmentos de mercado.	Recabar necesidades de clientes. Identificar usuarios líderes. Identificar productos competitivos.
Diseño	Considerar plataforma y arquitectura del producto. Evaluar nuevas tecnologías.	Investigar factibilidad de conceptos del producto. Desarrollar conceptos de diseño industrial. Construir y probar prototipos experimentales.
Manufactura	Identificar restricciones de producción. Establecer estrategia para la cadena de suministro.	Estimar costo de manufactura. Evaluar factibilidad de producción.
Finanzas	Indicar metas de planificación.	Facilitar análisis económico.
Investigación y Desarrollo	Demostrar tecnologías disponibles.	-----
Dirección general	Asignar recursos al proyecto.	-----
Legal	-----	Investigar cuestiones de patentes.

De esta manera, los requerimientos de los clientes, basados en los datos colectados y analizados, se podrían incorporar no sólo a las oportunidades detectadas por Marketing, sino incluso durante el proceso de fabricación de un producto, ya que la compañía posee la agilidad para adaptarse a esta nueva situación; al completar el ciclo de información del producto, la digitalización haría posible la gestión del ciclo de vida completo (Wang, Towara, and Anderl 2017).

Con el fin de ubicar esta propuesta en el modelo RAMI4.0 se destaca que esta mejora se centra en el plano: Capas - Ciclo de vida del Flujo de Valor, tal como se muestra en la Figura 11.

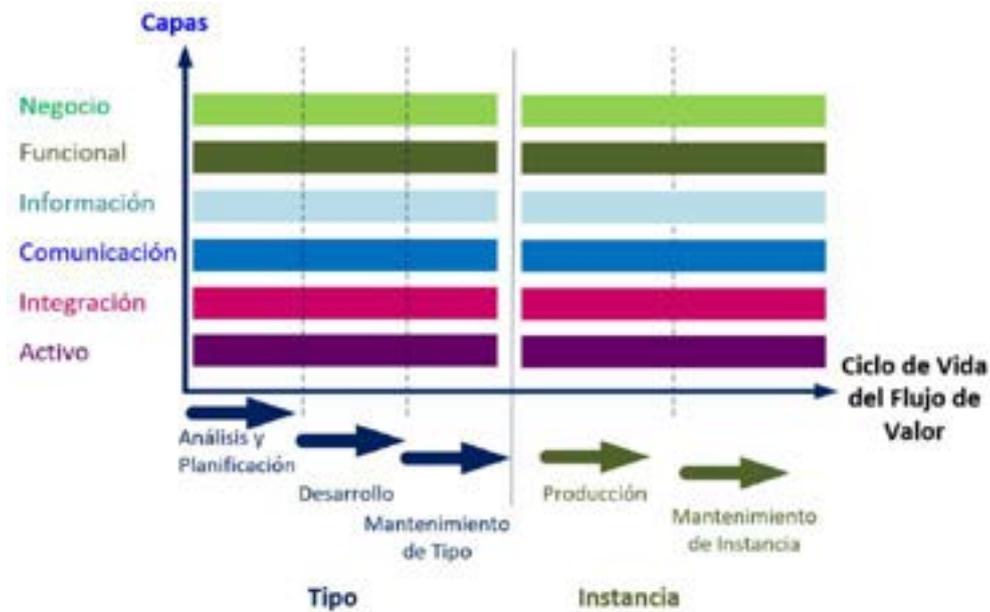


Figura 11 Capas vs. Ciclo de Vida del Flujo de Valor. Fuente: propia

De esta manera, el eje: Ciclo de Vida del Flujo de valor, estaría compuesto de la siguiente manera (Figura 12):



Figura 12 Ciclo de Vida del Flujo de Valor I4.0 mejorado. Fuente: propia

Para lograrlo, se debe conectar en red la planta con todas las restantes áreas o departamentos de la empresa, lo cual implica la interoperabilidad de distintos sistemas, tales como, por ejemplo, los sistemas de CRM (Customer Relationship Management), PLM (Product Lifecycle Management), ERP (Enterprise Resource Planning) y, fundamentalmente, el MES (Manufacturing Execution System) (Figura 13).



Figura 13 Subfase Análisis y Planificación. Fuente: propia del autor

Los sistemas más frecuentemente utilizados en la industria, y antes mencionados, son descriptos brevemente a continuación. Los CRM se clasifican en analíticos u operativos; el primero se enfoca en coleccionar datos con el fin de obtener información del cliente; esto permite que la empresa identifique los mercados meta y las oportunidades de negocio; el segundo, CRM Operativo, de interés para nuestro estudio, está orientado a la utilización de la información con el fin de mejorar la productividad interna de la empresa (Hair, Joseph F. (Kennesaw University). Anderson, Rolph E. (Drexel University). Mehta, Rajiv (New Jersey Institute of Technology. Babin 2010).

Por su parte, los PLM, gestionan un bien a medida que avanza por las diferentes etapas de la vida de un producto: desarrollo e introducción, crecimiento, madurez y declinación. Esta gestión implica tanto la fabricación del bien como su comercialización.

Los ERP administran generalmente la producción, logística, distribución, inventario y la contabilidad de la empresa, aunque a veces se solapan con factores comerciales.

Los MES permiten una conexión completa de producción IT con la operativa de la planta OT. De esta forma, toda la información del proceso productivo se puede gestionar en un sistema general con una infraestructura altamente integrada aumentando su efectividad.

Esta disponibilidad y tratamiento de datos, todos almacenados en "la nube", no es actualmente una alternativa simple, más teniendo en cuenta que deben converger los ámbitos del IT y el OT. Es por ello que una de las principales tendencias para los sistemas industriales es la denominada "Interacción impulsada por la Información (Armando W. Colombo, Thomas Bangemann, Stamatios Karnouskos, Jerker Delsing, Petr Stluka, Robert Harrison, Francois Jammes 2014). Las futuras integraciones no estarán basadas en los datos que puedan ser entregados, sino más bien en los servicios y la inteligencia que cada dispositivo pueda entregar a la infraestructura. El SOA (Servicio Orientado a la Arquitectura) colabora con ello.

En resumen, la I4.0 no puede entenderse sin la convergencia entre la IT y la OT, es decir, la integración de los sistemas de tecnología de la información, utilizados para computación centrada en datos, con los sistemas de tecnología operacional, utilizados para supervisar eventos, procesos, dispositivos y realizar ajustes en las operaciones empresariales e industriales.

Cuando los datos de los sensores, las máquinas, los PLC (Programmable Logic Controller) quedan a disposición de la empresa, se convierten en una herramienta clave para la toma de decisiones, haciéndolas más efectivas y logrando una diferenciación competitiva. Es por ello que se debe considerar al OT y al IT no como dos redes independientes, sino como sistemas complementarios, siendo ello uno de los grandes desafíos de la I4.0 (Armando W. Colombo, Thomas Bangemann, Stamatis Karnouskos, Jerker Delsing, Petr Stluka, Robert Harrison, Francois Jammes 2014). Ambos se complementan generando evoluciones que redundan en la mejora de la información y productividad de las empresas (Figura 14).

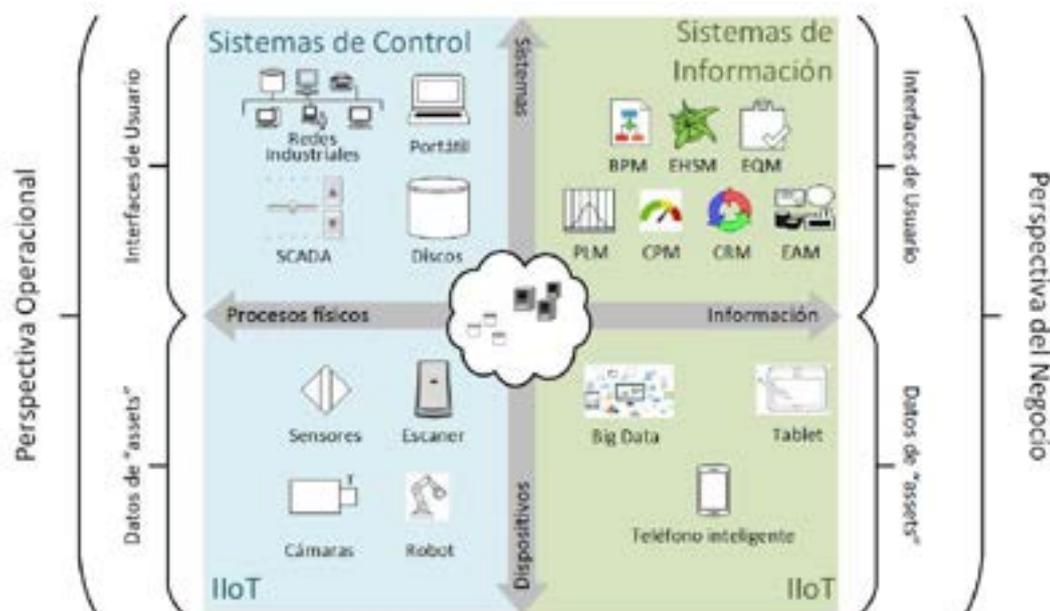


Figura 14 La Convergencia de la Información. Fuente: propia

Se precisa una comunicación horizontal y vertical a través de todas las capas, permitiendo escalabilidad para formar redes integradas con sensores, dispositivos embebidos, PLC, computadoras, teléfonos inteligentes, servidores y aplicaciones en la nube.

El estándar OPC-UA (Open Platform Communications Unified Architecture), que nace como una mejora de su predecesor OPC (Open Platform Communications) es una posible respuesta a ello.

OPC-UA es un estándar de comunicación en el campo del control y supervisión de procesos industriales, de intercambio de información, el cual logra una comunicación segura, confiable e independiente de cualquier plataforma o fabricante. OPC-UA dejó de ser basado en las tecnologías propietarias para ser concebido con los principios y bases de un SOA.

4. CONCLUSIONES

Se propuso en este artículo ampliar el concepto de ciclo de vida del flujo de valor, comenzando con el relevamiento de los requerimientos de parte del cliente y finalizando con la reutilización de partes y productos en desuso. Esto es posible gracias a las nuevas tecnologías de la I4.0, fundamentalmente la sensorización, el monitoreo y control en tiempo real, y la computación en la nube. Esta interconexión e interoperabilidad punta a punta permite gestionar por completo el ciclo de vida de la cadena de valor, dando respuesta a una de las necesidades actuales del mercado: la personalización de productos y servicios y el aseguramiento de la calidad, permitiendo también a la empresa la generación de nuevas oportunidades de negocios, fundamentalmente de posventa.

Los productos y sus componentes, ambos inteligentes, facilitan también el monitoreo y control en cada uno de los procesos productivos, o sea, se digitaliza completamente su gestión. La digitalización de los insumos, partes, productos y procesos permite el monitoreo y control del flujo de valor de la empresa y el sistema de valor a través de diferentes indicadores clave de gestión, lo cual facilita el aseguramiento de calidad y las mejoras de desempeño.

La interoperabilidad de sistemas tales como SCM, CRM, ERP, PLM y MES es aún un desafío y tema que se debe profundizar. El estándar OPC-UA es una buena herramienta para lograrlo.

Si bien este trabajo propone una respuesta a las necesidades de la demanda y el desempeño de las empresas, ha sido un abordaje teórico. Se propone, para futuras investigaciones, un enfoque práctico para la digitalización completa de las partes, los productos y del proceso, ya que la experiencia dice que el principal inconveniente es que habitualmente en las aplicaciones prácticas los datos recopilados del proceso de control y del producto no se almacenan ni utilizan posteriormente para la mejora continua (Matt 2020).

REFERENCIAS

- [1] Xin, Y. and Ojanen, V. (2017). "The impact of digitalization on product lifecycle management: How to deal with it?," IEEE Int. Conf. Ind. Eng. Eng. Manag., vol. 2017-Decem, pp. 1098–1102, 2018, doi: 10.1109/IEEM.2017.8290062.
- [2] Adamik, A. and Nowicki, M. (2018). "Preparedness of companies for digital transformation and creating a competitive advantage in the age of Industry 4.0," Proc. Int. Conf. Bus. Excell., vol. 12, no. 1, pp. 10–24, 2018, doi: 10.2478/picbe-2018-0003.
- [3] Gao, J. and Bernard, A. (2018). "An overview of knowledge sharing in new product development," Int. J. Adv. Manuf. Technol., vol. 94, no. 5–8, pp. 1545–1550, 2018, doi: 10.1007/s00170-017-0140-5.
- [4] Jacob, D. (2018). "Align technology to create market advantage," Cambridge. [Online]. Available: <http://www.inserch.com>.
- [5] Eng, A. and Nikolova-Jahn, I. (2019). "Quality Management And Requirements Of The Fourth Technical Revolution," Int. Sci. J. "Industry 4.0," vol. IV, no. 2, pp. 61–63, 2019, [Online]. Available: <https://stumejournals.com/journals/i4/2019/2/61/pdf>.
- [6] Nylén, D. and Holmström, J. (2014). "Digital innovation strategy: A framework for diagnosing and improving digital product and service innovation," Bus. Horiz., vol. 58, no. 1, pp. 57–67, 2015, doi: 10.1016/j.bushor.2014.09.001.
- [7] Matt, D. T.; Modrák, V. and Zsifkovits, H. (2020). Industry 4.0 for SMEs. ISBN 978-3-030-25424-7 ISBN 978-3-030-25425-4 (eBook). Available: <https://doi.org/10.1007/978-3-030-25425-4>
- [8] Qin, J.; Liu, Y. and Grosvenor, R. (2016). "A Categorical Framework of Manufacturing for Industry 4.0 and beyond," Procedia CIRP, vol. 52, pp. 173–178, 2016, doi: 10.1016/j.procir.2016.08.005.
- [9] Sanders, A.; Elangeswaran, C. and Wulfsberg, J. (2016). "Industry 4.0 implies lean manufacturing: Research activities in industry 4.0 function as enablers for lean manufacturing," J. Ind. Eng. Manag., vol. 9, no. 3, pp. 811–833, 2016, doi: 10.3926/jiem.1940.
- [10] Demartini, M. and Tonelli, F. (2018). "Quality management in the industry 4.0 era," Proc. Summer Sch. Fr. Turco, vol. 2018-Sep, pp. 8–14, 2018.
- [11] Sommer, L. (2015). "Industrial revolution - Industry 4.0: Are German manufacturing SMEs the first victims of this revolution?" J. Ind. Eng. Manag., vol. 8, no. 5, pp. 1512–1532, 2015, doi: 10.3926/jiem.1470.
- [12] Internet, I., & Iot, I. (2020). IIoT Industrial IoT use cases and applications.
- [13] Lin, S. et al. (2018). "Architecture Alignment and Interoperability An Industrial Internet Consortium and Plattform Industrie 4.0 Joint Whitepaper," p. 19, 2018, [Online]. Available: http://www.iiconsortium.org/pdf/JTG2_Whitepaper_final_20171205.pdf.
- [14] Leitão, P.; Colombo, A. W. and Karnouskos, S. (2016). "Industrial automation based on cyber-physical systems technologies: Prototype implementations and challenges," Comput. Ind., 2016, doi: 10.1016/j.compind.2015.08.004.

- [15] DKE Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE, "German Standardisation Roadmap: Industrie 4.0," DIN e. V., p. 146, 2018, [Online]. Available: www.din.de.
- [16] "STANDARD_RAMI40-IEC62890 (Life Cycle Value Stream) - 2017 - (68).pdf."
- [17] Batchkova, I. A.; Gocheva, D. G. and Georgiev, D. (2017). "Based Quality Operations Management According the Principles of Industrial Internet of Things," Sci. Proc. Xiv Int. Congr. "Machines. Technologies. Mater., vol. VI, no. 3, pp. 431-434, 2017, [Online]. Available: <http://mtmcongress.com/proceedngs/2017/Summer/6/09>.
- [18] Stanton, M. and William, J. (2014). Fundamentos de Marketing México DF. 14ta ed. McGraw Hill. México.
- [19] George, M. L. (2004). Lean Seis Sigma para Serviços, Rio de Janeiro. 1ra ed.: QualityMark.
- [20] Krajewski, L.; Ritzman, L. and Malhotra, M. (2008). Administración de Operaciones: Procesos y Cadenas de Valor. México DF. 8va ed. Pearson University.
- [21] Sarachaga, I.; Burgos, A.; Iriondo, N.; Alvarez, M. L. and Marcos, M. (2019). "Integración end-to-end a través del modelo del producto 4.0". pp. 155-161, 2019.
- [22] Ferreira, F.; Faria, J.; Azevedo, A. and Marques, A. L. (2016). "Product lifecycle management enabled by industry 4.0 technology," Adv. Transdiscipl. Eng., vol. 3, pp. 349-354, 2016, doi: 10.3233/978-1-61499-668-2-349.
- [23] Rießmann, M. et al. (2015). "Industry 4.0: Future of Productivity and Growth in Manufacturing," Bost. Consult. Gr., no. April, p. 20, 2015, doi: 10.1007/s12599-014-0334-4.
- [24] Ulrich, K. and Eppinger, S. (2009). Diseño y desarrollo de productos. México, D.F.: 5ta ed. McGraw Hill.
- [25] Wang, Y.; Towara, T. and Anderl, R. (2017). "Topological approach for mapping technologies in reference architectural model industrie 4.0 (RAMI 4.0)," Lect. Notes Eng. Comput. Sci., vol. 2, pp. 982-990, 2017.
- [26] Hair, J.; Anderson, R.; Mehta, R. and Babin, B. (2010). Administración de Ventas: Relaciones y Sociedades con el Cliente. México, D.F. 10ma ed. Cengage Learning.
- [27] Colombo, A.W. et al. (2014). Industrial Cloud-Based Cyber-Physical Systems: The IMC-AESOP Approach. New York. 1ed. Springer, New York.

La certificación de saberes técnicos y trayectorias laborales en el marco del Programa Certificación de Oficios de la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Delta

Carrizo, Nancy Alejandra

carrizon@frd.utn.edu.ar

Fea, Adriana Verónica

afea@frd.utn.edu.ar

Castelló, Gonzalo Eduardo

gcastello@frd.utn.edu.ar

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Delta (Argentina)

Fecha de recepción: 15/08/2020

Fecha de aprobación COINI: 08/09/2020

Fecha de aprobación RIII: 28/06/2021

RESUMEN

El trabajo reflexiona acerca de la certificación de saberes técnicos en el marco de una investigación de Trayectorias Laborales y Certificación de Oficios, en la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Delta (UTN-FRD), en el período 2003-2015. Para ello, se centrará en la reconstrucción de las trayectorias laborales de personas de la región de Zárate - Campana que pasaron por el dispositivo denominado "Programa certificación de oficios", de manera de determinar la incidencia que este programa tuvo en una población que certificó de manera continua.

El dispositivo implementado en UTN FRD surgió en el año 2003, tratando de dar respuestas a las demandas locales frente a la falta de personas con oficios, como consecuencia de la desindustrialización de los tiempos que le precedieron. Estas condiciones volvieron a repetirse, de similar forma, con los cambios del modelo económico implementados desde 2016. Estas condiciones mencionadas, entre otras, que impactan en el mundo del trabajo son: una marcada contracción del mercado que se pone en evidencia con una baja en la tasa de actividad, alto índice de desempleo, empleo precario e informal y el cierre de industrias Pymes, que representan uno de los motores de crecimiento de la economía nacional.

La pregunta guía fue indagar los significados y representaciones que construyen las personas que certifican su oficio a través del "Programa". Entre los objetivos, caracterizar las percepciones tanto personales, familiares como de sus pares y establecer las calificaciones que operan en el campo laboral sobre dicha certificación. Como fuentes de información se utilizaron la base general de inscriptos al programa de la facultad para realizar el recorte y la caracterización sociodemográfica de la muestra y entrevistas semiestructuradas, utilizando una metodología mixta.

Palabras Claves: Saberes técnicos, Trayectorias laborales, Certificación de oficios, Mercado de trabajo.

The certification of technical knowledge and work trajectories within the framework of the Certification of Trades Program of the National Technological University - Delta Regional College

ABSTRACT

The presentation reflects on the certification of technical knowledge in the framework of an investigation of Labor Trajectories and Certification of Trades, at the National Technological University - Delta Regional College (UTN-FRD), in the period 2003-2015. To do this, it will focus on the reconstruction of the labor trajectories of people in the Zárate - Campana region who went through the device called "Trades certification program", in order to determine the impact that this program had on a population that certified as continuously.

The device implemented in UTN FRD emerged in 2003, trying to respond to local demands in the face of the lack of people with trades, as a consequence of the deindustrialization of the times that preceded it. These conditions were repeated, in a similar way, since 2016 with changes in the economic model. These conditions mentioned, among others, that impact the world of work are: a marked contraction of the market that is evident with a drop in the activity rate, high unemployment rate, precarious and informal employment, closing of SME industries, one of the growth engines of the national economy.

The guiding question was to investigate the meanings and representations that people who certify their trade through the "Program" construct. Among the objectives, characterize both personal, family and peer perceptions and establish the qualifications that operate in the labor field on said certification. As sources of information, the general base of enrolled in the faculty program was used to carry out the clipping and sociodemographic characterization of the sample and semi-structured interviews, using a mixed methodology.

Keywords: Technical knowledge, Labor trajectories, Certification of trades, Labor market

A certificação de conhecimentos técnicos e trajetórias de trabalho no âmbito do Programa de Certificação de ofícios da Universidade Tecnológica Nacional - Colégio Regional Delta

RESUMO

O trabalho reflete sobre a certificação de conhecimentos técnicos no âmbito de uma investigação sobre Trajetórias Laborais e Certificação de Conhecimentos Técnicos, na Universidade Tecnológica Nacional - Colégio Regional Delta (UTN-FRD), no período 2003-2015. Para isso, terá como foco a reconstrução das trajetórias laborais de pessoas da região de Zárate - Campana que passaram pelo dispositivo denominado "Programa de certificação de ofícios", de forma a determinar o impacto que este programa teve numa população que se certificou como continuamente.

O dispositivo implantado na UTN FRD surgiu em 2003, buscando atender às demandas locais diante da falta de pessoas com ofício, como consequência da desindustrialização dos tempos que a precederam. Estas condições repetiram-se, de forma semelhante, com as mudanças no modelo econômico implementadas a partir de 2016. Essas condições mencionadas, entre outras, que impactam o mundo do trabalho, são: uma contração acentuada do mercado que é evidenciada por uma queda na taxa de atividade, elevada taxa de desemprego, emprego precário e informal e o encerramento de pequenas e médias empresas, que representam um dos motores de crescimento da economia nacional.

A questão norteadora foi investigar os significados e representações que as pessoas que atestam seu ofício por meio do "Programa" constroem. Entre os objetivos, caracterizar as percepções pessoais, familiares e de pares e estabelecer as qualificações que atuam na área de trabalho nessa certificação. Como fontes de informação, utilizou-se a base geral de inscritos no programa para a realização do recorte e caracterização sociodemográfica da amostra e entrevistas semiestruturadas, com metodologia mista

Palavras chave: Conhecimento técnico, Trajetórias de trabalho, Certificação de ofícios, Mercado de trabalho

1. INTRODUCCIÓN

Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT), la certificación es un proceso tendiente a reconocer formalmente las calificaciones ocupacionales de los trabajadores, independientemente de la forma en que tales calificaciones fueron adquiridas. Siguiendo esta idea, la ponencia propone reflexionar acerca del papel de la certificación de saberes técnicos en el marco de una investigación acerca de trayectorias laborales y certificación de oficios desarrollada en la Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Delta (UTN/FRD) durante el período 2003-2015. Para ello, se centrará en la reconstrucción de las trayectorias laborales de personas de la región de Zárate - Campana que pasaron por el dispositivo denominado "Programa certificación de oficios", de manera de determinar la incidencia que este programa tuvo en una población que certificó de manera continua.

El "Programa certificación de oficios", implementado en la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Delta (UTN FRD) desde el año 2003, surgió a partir de una iniciativa que se trabajó en comités locales a partir del año 2000, tratando de dar respuestas a demandas regionales principalmente de las empresas de la región, entre las cuales se destacaba la necesidad de contar con personas preparadas en oficios. Esta demanda estaba fuertemente asociada al proceso de crisis económica que había atravesado el país y a su incipiente recuperación en esos años.

La Facultad Regional Delta se encuentra en la localidad de Campana, provincia de Buenos Aires (Figura 1), en un polo industrial muy importante, su área de influencia excede a esta ciudad e involucra a sus alrededores por ejemplo a las ciudades de Zárate y Pilar, en ésta última, se encuentra uno de los parques industriales más importante de Latinoamérica. Con el fin de entender cómo surge la demanda de un sistema de certificación de especialidades técnicas (oficios), vale la pena realizar una breve descripción de la región. Los datos que se presentan a continuación surgen del estudio realizado por el Observatorio Regional de Pymes (Pequeñas y Medianas empresas) Delta en el año 2006. El territorio goza de una ubicación geográfica excelente debido a su proximidad a los dos principales centros de consumo y producción de Argentina: Capital Federal y Gran Buenos Aires, y la Ciudad de Rosario junto con su cinturón urbano.



Figura 1 - Ubicación de Campana

Todos los indicadores de buen desempeño de las pymes de esta microrregión se destacan nítidamente por sobre las del resto del país, así como también aparecen exacerbados, algunos de los principales problemas estructurales que enfrenta el desarrollo industrial argentino, en especial la escasez de recursos humanos calificados.

Una característica bien clara es la localización de grandes establecimientos industriales, particularmente en Campana, Zárate y Pilar. El rasgo más destacable es, sin duda, el dinamismo de las pymes de la microrregión Delta, que crecen tanto en ocupación como en ventas a ritmos que casi duplican los del resto del país [1].

Este contexto corresponde al período de la investigación, cuando surgieron nuevas pymes, aumentaron su personal e incrementaron el nivel de exportaciones. Antes, estas empresas sufrieron las políticas económicas de la década de los años 90 y la crisis de 2001; la evolución de la tasa de desocupación de la población económicamente activa, en 2002, fue un récord. Si a esto se le suma los años en los que en Argentina no se hicieron obras —fuente natural de generación de oficios— es entendible que desaparecieran del sector industrial. Además, la contratación de la mano de obra estaba centrada en los costos y no en la calidad, más que nada por no contar con herramientas para medirla, esto provocó que las empresas contrataran el personal al menor costo posible.

Este proceso dio lugar a la combinación de bajos salarios y el predominio de personal sin oficios, los resultados percibidos fueron tareas de mala calidad, altos índices de incidentes y accidentes en las paradas de plantas programadas, llevadas a cabo por personal de empresas contratistas en las grandes empresas. En este marco, las grandes empresas (comitentes) de la región pretendieron que las pymes (generalmente contratistas) contrataran a personal calificado, con el objetivo de mantener a los equipos y procesos productivos funcionando sin fallas. Para ello, algunas de las empresas grandes incluso mejoraron el valor horario de los contratos, para evitar las tareas de mala calidad, retrabajos y bajar los índices de accidentes e incidentes. El resultado de este emprendimiento fue, que en muchos casos las pymes no respondieron como se esperaba, no mejoraron los salarios de sus empleados, no invirtieron en capacitación y selección de su personal.

A la vista de este diagnóstico, se detectó la necesidad de contar con un instrumento para validar la calidad de la mano de obra. Una de las soluciones encontradas fue la propuesta tecnológica realizada por la Dirección de Vinculación Tecnológica de la UTN FRD. Dicha Dirección, dependiente de la Secretaría de Extensión Universitaria, propuso el desarrollo de un Sistema de Certificación de Especialidades Técnicas u Oficios en el cual la facultad jugó un rol protagónico. La UTN FRD junto con los demás actores sociales mencionados, desarrolló dicho sistema, con la finalidad de fomentar la mejora del empleo con beneficios tanto para los trabajadores como para sus empleadores y la red institucional que se formó y que luego fue transferida a otras facultades regionales de la UTN, en las cuales el dispositivo tomó características de la región, pero idénticas en cuanto al sistema.

La pregunta general que guía este estudio busca indagar los significados y representaciones que construyeron las personas que certificaron su oficio a través del Programa de Certificación de Oficios de UTN FRD y mantuvieron continuidad en el mismo, en torno a sus trayectorias laborales y cómo perciben la incidencia de dicho dispositivo.

Los dispositivos implican tanto una forma de gestión como una forma de subjetivación (inciden sobre la dimensión subjetiva). Incluyen a los individuos y a las instituciones; y un conjunto de reglas, de normas, discursos, contenidos, al mismo tiempo que de costumbres, hábitos, formas de organización, etc. Más allá del interés propio del estudio del peso del dispositivo, éste no puede estudiarse aisladamente.

Se define el concepto de "incidencia del dispositivo" desde una perspectiva amplia, que contempla las huellas de esos pasajes desde un abordaje multidimensional en varios sentidos a las posibilidades de acceso a empleos y la calidad de los mismos, sino también en relación a las huellas que dejan sobre las subjetividades (expectativas, representaciones, formas de comprensión de los sucesos en los que se ven envueltos, capacidad de toma de decisiones y de proyectar, etc.) y los saberes de las personas en torno al trabajo [2].

La mayor parte de los abordajes sobre trayectorias laborales es de índole cuantitativa, hace uso de datos estadísticos y parte de una visión macrosocial. Este tipo de estudios genera una importante acumulación de conocimientos en cuanto a las condiciones objetivas del mercado laboral, atendiendo a la estructura de este según características sociodemográficas (sexo, edad, nivel educativo, nivel socioeconómico) y ocupacionales (rama de actividad, calificaciones, cantidad de horas trabajadas, etc.). Paulatinamente estas miradas sobre el mercado de trabajo comienzan a adquirir mayor complejidad y ponen mayor énfasis en la relación del individuo con el trabajo. De este modo, las dimensiones subjetivas del trabajo serán objeto de debate y producción teórica, dando lugar a estudios de corte cualitativo sobre las identidades y los sentidos que se construyen en el mercado laboral y en las relaciones de trabajo. Estas investigaciones pretenden acceder a las estructuras de significados por medio del discurso de diferentes actores implicados en el proceso productivo y en las relaciones laborales.

A nivel local existen estudios que, partiendo de la realidad laboral de los agentes, intentan desentrañar los significados y sentidos que se construyen en torno a ésta. Algunos de los trabajos realizan análisis acerca de la problemática del empleo juvenil y su relación con los itinerarios y las trayectorias laborales de los jóvenes, por ejemplo, los trabajos de Claudia Jacinto, quien parte de la premisa de que la inserción laboral de los jóvenes ha dejado de ser un paso simple para constituirse en una transición larga y compleja. En sus investigaciones la autora expone las modificaciones que operan en los itinerarios laborales de los jóvenes e intenta relacionar estos cambios con los operados a nivel estructural en el sistema económico y por consecuencia en el mercado laboral.

Los estudios de Jacinto se centran en los jóvenes pertenecientes a sectores populares, aduce que atrás quedaron los tiempos en que el tránsito de la educación al trabajo era un paso sin mayores incertidumbres. Hoy las trayectorias iniciales de inserción laboral de los jóvenes se caracterizan por entradas y salidas del empleo, múltiples exploraciones, en condiciones más deterioradas que las de los adultos. Entre las razones de esta gran transformación en los procesos de transición laboral están tanto los cambios en los modelos de acumulación y las dificultades en particular para crear empleos de calidad, como el debilitamiento de las instituciones y la irrupción de nuevas subjetividades en torno al empleo. No todos los jóvenes tienen márgenes de acción para "experimentar" en la construcción de una trayectoria laboral acumulativa. Los jóvenes de menores recursos no cuentan con un capital socioeducativo que pueda acercarlos a alguno de los insuficientes buenos empleos.

¿Qué respuestas se dan desde las políticas públicas y desde las instituciones educativas y formativas a estas diferencias de oportunidades? ¿Cuáles son sus límites y alcances? ¿Cómo se construyen socialmente nuevas subjetividades a partir del vínculo con las instituciones (escuelas, centros de formación profesional, empresas) que intervienen en las transiciones laborales? Éstos son algunos de los interrogantes que la autora busca dar respuesta a través de las investigaciones. Algunas de sus obras utilizadas en el marco de la investigación para captar algunos conceptos independientes del grupo etario: Los nuevos saberes para la inserción laboral: Formación para el trabajo con jóvenes vulnerables en Argentina [2]; Precariedades, rotación y movilidades en las trayectorias laborales juveniles [4]; La construcción social de las trayectorias laborales de los jóvenes. Políticas, instituciones, dispositivos y subjetividades [5].

Trabajos que constituyeron una importante referencia a la hora de incursionar en el estudio de las trayectorias. En primer lugar, las investigaciones realizadas por Muñiz Terra [6] en torno a las trayectorias delineadas por los ex trabajadores de Y.P.F. Por otra parte, resultaron de gran relevancia los estudios realizados por Roberti [7] en los que la autora delinea los aspectos teóricos y metodológicos de los estudios enfocados en las trayectorias laborales.

En los años posteriores a la crisis del 2001, se acentuaron en Argentina las críticas a las medidas neoliberales de los noventa y a sus impactos en el ámbito de la educación y formación para el trabajo. Se puede mencionar la desaparición de la escuela técnica y la educación para adultos, así como los cambios en el nivel secundario. “La Ley Federal de Educación ha producido un resquebrajamiento de la estructura vigente, más que un cambio de estructura” [8] y la transformación educativa y la transferencia provocaron “un gran desorden, con una superposición de estructuras administrativas, una atomización curricular entre sistemas provinciales y problemas de desigualdad entre provincias y al interior de ellas” [9]. En el año 2005, la primera respuesta se orientó a visibilizar a la escuela técnica en el escenario de la política educativa y se concretó con la Ley de Educación Técnico-Profesional (Ley 26058), que constituye un dispositivo legal para financiar y registrar la educación técnica. Posteriormente, se sancionó la Ley de Financiamiento Educativo (Ley 20075) para invertir más en educación, no obstante, en 2006 con el dictado de la Ley de Educación Nacional (Ley 20206) es donde se enfoca el cambio para reparar los problemas de la ley anterior y de la reforma educativa [10].

Uno de los temas más importantes respecto al trabajo en la actualidad, aparte de la preocupación que existe sobre cómo adquiere el trabajador las competencias necesarias para hacer frente a las transformaciones del mundo del trabajo, es la certificación de estas. Son varias las aristas que justifican la certificación de dichas competencias y está convirtiéndose en uno de los temas centrales del debate en el ámbito de la formación y el trabajo a nivel mundial.

La preocupación por la mejora de la calidad de la formación, la necesidad constante de adecuar los sistemas de formación a la transformación del mundo productivo, la preocupación por garantizar sistemas de formación que permitan la adquisición de competencias que mejoren la flexibilidad y polivalencia de los trabajadores y la gestión pertinente de la movilidad tanto laboral como formativa son algunas de las reflexiones que está generando este debate sobre las competencias y la certificación de las mismas “todos los países comparten la preocupación por la calidad y la eficacia de la formación, por su transparencia y adaptación a las nuevas exigencias de las economías y necesidades de los adultos en un mundo en constante evolución” [11].

La Organización Internacional del Trabajo (OIT/CINTERFOR¹), define la certificación como un proceso tendiente a reconocer formalmente las calificaciones ocupacionales de los trabajadores, independientemente de la forma cómo tales calificaciones fueron adquiridas [12]. Este reconocimiento debe facilitar la movilidad laboral y garantizar la igualdad de oportunidades en el acceso y el mantenimiento del empleo sea cual sea el lugar o país de la comunidad en el que se desarrolle el trabajo. Este es el concepto de certificación que adopta UTN para el Programa de certificación de oficios.

Es muy importante, en este tema, reflexionar sobre lo complicado que representa la búsqueda de un sistema de certificación que sirva como base para el reconocimiento de las competencias, sea cual sea su vía de adquisición. En este quehacer complejo, aparecen dudas no resueltas de momento respecto a:

¹ CINTERFOR: Centro Interamericano para el Desarrollo del Conocimiento en la Formación Profesional de la OIT: Organización Internacional del Trabajo.

¿Cómo construir un modelo de certificación suficientemente flexible para hacer frente a los constantes cambios del contexto?

- ¿Cómo se puede certificar las competencias a través de un sistema único, cuando la adquisición de esas competencias en cada uno de los países es distinta?
- ¿Cómo unificar este sistema si los modelos de formación profesional son tan dispares?
- ¿Cómo se debe considerar, a la hora de certificar las competencias, aquellas que se adquieren a lo largo de una vida activa, mediante la experiencia laboral al margen de los sistemas de formación? [13]

Cuando se aborda el tema de la certificación profesional, uno de los primeros problemas que se plantean es la diversidad de términos que se utilizan en torno a la certificación de competencias. Conceptos como los de reconocimiento, acreditación, validación, certificación, evaluación de competencias profesionales, se utilizan muchas veces indistintamente para aludir a los mismos procesos, los de certificación y acreditación de competencias, adquiridas tanto en situaciones formales como no formales e informales.

2. EL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN: FUNDAMENTACIÓN, METODOLOGÍA Y RESULTADOS.

2.1. Fundamentación del problema

La problemática de los oficios es un tema de agenda en Argentina y Latinoamérica. Existen numerosos artículos, publicaciones, estudios referidos a la certificación de saberes adquiridos a través de la experiencia, que no es patrimonio sólo de nuestro país sino una preocupación mundial. Es de conocimiento general que las crisis económicas son cíclicas y cuando se produce la reactivación económica hay un crecimiento de la actividad industrial y comienza a faltar la gente con oficios o nuevos oficios.

La justificación de la investigación es determinar a partir de los resultados de esta, si las personas que certificaron su oficio perciben una valoración personal diferente y un cambio en sus trayectorias laborales y cuál es la incidencia que se puede atribuir al “Programa certificación de oficios”. Comprobar si efectivamente la certificación de competencias técnicas por parte de la facultad como ente certificador de tercera parte, logra cumplir con uno de sus objetivos principales, su función social, establecida en la relación universidad y sociedad. Además, se pretende verificar si el análisis contextualizado del estudio permite direccionar futuros intentos de regulación y políticas públicas en materia de certificaciones laborales. Finalmente, se aspira a través del trabajo de investigación conocer las implicancias del Programa de Certificación de Oficios de la UTN FRD, en relación a los vínculos de esta actividad con su función social en la región y a su transferencia a otras facultades regionales de la Universidad Tecnológica Nacional.

2.2. Metodología

Este trabajo de investigación se inscribe en el paradigma constructivista, el planteo es que las realidades sociales son objetivadas e interiorizadas por las personas, a las que llamamos agentes. Estas realidades remiten a mundos objetivos exteriores a los agentes, que funcionan como limitantes de su acción; y, por otro lado, a mundos subjetivos e interiorizados constituidos por las representaciones y las percepciones que estos sujetos tienen sobre la realidad social. Las estructuras sociales y la interpretación que los agentes hacen de esas estructuras son dos momentos constitutivos de la realidad social. Aun cuando pueda plantearse una prioridad epistemológica de las estructuras objetivas sobre las experiencias, representaciones y percepciones de los sujetos sobre la realidad, esta realidad es a la vez material y simbólica.

En la región la perspectiva teórico-metodológica de las trayectorias ha sido utilizada en estudios de diversas temáticas, principalmente en el estudio de movimientos migratorios y de trayectorias educativas o laborales. El estudio de trayectorias en Latinoamérica y Argentina ha sido enfocado tanto desde lo cuantitativo como desde lo cualitativo. En términos generales estos estudios se basan en los supuestos del enfoque biográfico o del curso de vida [14]. En los trabajos realizados en nuestro país desde un punto de vista cuantitativo el análisis de las trayectorias laborales se encuentra, por su parte, generalmente ligado al estudio de la movilidad laboral.

Para concluir, para Ferrarotti [15], la historia de vida no es un método o una técnica más, sino una perspectiva de análisis única. El relato de una vida debe verse como resultado acumulado de las múltiples redes de relaciones en los que, día a día, los grupos humanos entran, salen y se vinculan por diversas necesidades. Esta manera de comprender la historia de vida nos permite descubrir lo cotidiano, las prácticas de vida abandonadas o ignoradas por las miradas dominantes, la historia de y desde los de abajo. La historia de vida significa profundizar en el mundo de los valores, de las representaciones y subjetividades que escapa a la atención de las ciencias sociales en nombre de datos y actos "desencarnados". Para este autor, las experiencias y valores compartidos constituyen el hilo conductor y el objeto privilegiado de las ciencias sociales.

Para determinar la unidad de análisis, el área de Certificación de Oficios de la Facultad Regional Delta de la Universidad Tecnológica Nacional cuenta con una vasta información contenida en bases de datos desde el año 2003 a la actualidad. Se utilizaron dichas bases de datos, estadísticas, informes, etc. con toda esta información cuantitativa; se realizó la reconstrucción de una base de datos única, ya que parte de la información del período 2003- 2010 estaba en una plataforma ACCESS y a partir de 2011 en una plataforma WEB. Con todos los análisis estadísticos de los mismos y se caracterizó la muestra.

Se utilizó una muestra no probabilística, un subgrupo de la población de personas certificadas, que obtuvieron la certificación de su oficio en el período 2003-2015, y mantuvieron continuidad en el programa, con las siguientes características:

- Mayores de 40 años, esta población está segmentada por edad y por oficio.
- Nivel educativo: primario incompleto, completo o secundario incompleto.
- Jefe de hogar o principal sostén de familia.
- Que haya certificado cuatro veces o más el oficio en el período 2003-2015.
- Residente en la Ciudad de Campana o Zárate.

La justificación de la elección del subgrupo caracterizado es que ya con 40 años tienen una trayectoria laboral importante y se puede constatar si la obtención de la certificación y continuidad en el programa ha propiciado mejoras en sus diferentes entornos. Por otro lado, corroborar si en un contexto de baja empleabilidad, despidos y falta de trabajo, los adultos de esta franja etaria tienen menores posibilidades de insertarse laboralmente.

Este grupo se dividió a su vez en dos subgrupos uno de 40 a 55 años y otro de mayores de 55 años. Se infirió en posibles diferencias generacionales con características particulares. La técnica utilizada para la recolección de datos fue la entrevista semiestructurada a los participantes, se utilizaron tres grandes áreas de indagación que englobaban el resto, la idea era que el entrevistado fuera quién hablara y el entrevistador lo vaya "guiando" pero no llenarlo de preguntas cual encuesta, para que no se predisponga a responder estandarizado y que diga cosas novedosas.

El análisis cuantitativo fue bastante arduo, pero permitió corroborar o contextualizar los datos obtenidos en el trabajo de campo, se trabajó sobre toda la base de inscriptos de 2003 a 2015, obteniéndose resultados interesantes.

3. RESULTADOS

3.1. Estrategia cuantitativa

Se analizaron los datos sobre dos poblaciones una que obtuvo la certificación de su o sus oficios (42%) y otra que no (58%). En el primer caso se hizo un examen exhaustivo sobre la de cantidad de personas que certificaron los diferentes oficios, si certificaron más de uno, (lo que sería un indicador de polivalencia); se examinaron los oficios más demandados por las industrias de la región de Zárate y Campana, donde pone foco la investigación, en el período 2003- 2015 (Figura 2).



Figura 2: Resultado del análisis cuantitativo de personas que no certificaron su oficio y las que si lo certificaron

El análisis posterior se volcó en aquellas personas que habían certificado tres veces y se realizó una comparación con los que lo hicieron 4 o más veces, que resultó finalmente la población objetivo, porque fueron los que mantuvieron una continuidad en el dispositivo, cabe aclarar que hablamos de continuidad ya que la certificación tiene un vencimiento y debe renovarse cada tres años. Las personas que certificaron 1 o 2 veces, si bien en un principio no revistieron interés a los fines de la investigación, los datos obtenidos de su estudio fueron de utilidad para contextualizar el estudio cuantitativo y comparar con las poblaciones que obtuvieron la certificación, respecto de las que no lo hicieron. La interpretación de datos se centró en qué oficios certificaron, qué nivel educativo habían alcanzado, qué edades tenían, para observar a la luz de esos datos alguna relación con la otra población que no había alcanzado la certificación y continuado en el dispositivo.

Los entrevistados fueron 13 personas de 84 como se puede observar en la (Figura 2) que se dividieron en dos grupos, uno de 40 a 55 años y otro de mayores a 55 años, todos residentes de la zona de Zárate y Campana, que certificaron su oficio más de 4 veces, con lo que tuvieron la continuidad buscada en el dispositivo. Del análisis de esta población objetivo que logró la certificación se pueden observar que los oficios que más certificaron estas personas en línea con el resto de los subgrupos son los oficios de electricista, mecánico, soldador y cañista tubista, no obstante, para las entrevistas se trató de tomar un grupo que represente la mayoría de los oficios (Figura 3).

Los datos del perfil educativo de la muestra seleccionada para este trabajo resultaron de la siguiente manera el 32 % primario completo, el 38 % secundario incompleto, lo que suma un 70 % entre estos dos niveles y justifica la selección de las características del grupo definidas: máximo nivel educativo alcanzado secundario incompleto, un 26 % de la población tenía secundario completo. Respecto a la edad los mayores de 40 años representan el 86 % de dicho subgrupo (Tabla 2).

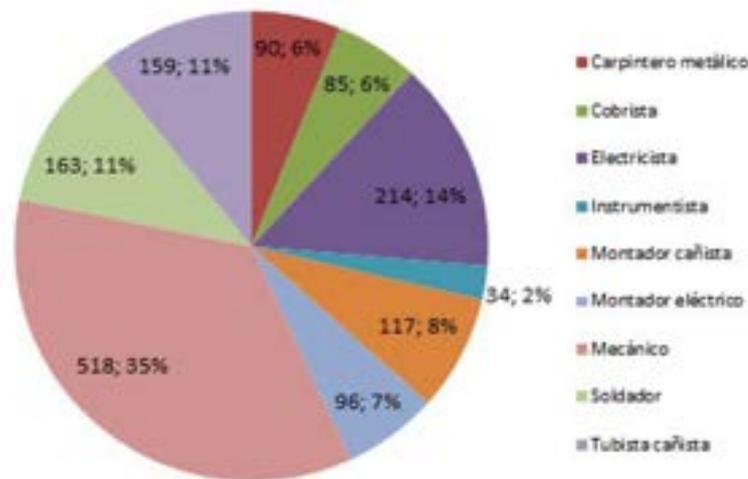


Figura 3: Distribución porcentual de certificaciones por oficios en el período 2003-2015. N: 1415

Se realizó un estudio sobre el máximo nivel educativo de las personas que no alcanzaron a culminar el proceso de certificación con el objetivo de encontrar si existía alguna relación con dicho resultado. El mayor porcentaje no tiene culminado el nivel secundario con 67 %: entre los niveles primario incompleto, primario completo y secundario incompleto; sigue el secundario completo con 30 % y luego universitario con 3 % (Tabla 1). Los porcentajes entre sí no son tan dispares como para atribuir significado a este punto en principio, por ello se realizó un estudio más profundo hacia adentro de este grupo en cuanto a los grupos etarios y su nivel educativo y oficios que intentaron certificar.

Se pudo observar que la mayor cantidad de población que se presentó a rendir son personas mayores de 40 años, que a medida que la edad aumenta el nivel de educación decrece. El análisis no es tan lineal, pero es lo que arrojan los datos, el 37 % eran personas menores de 40 años con nivel educativo superior a la franja anteriormente mencionada, comparando grupos etarios que no alcanzaron la certificación aun teniendo mayor nivel mayor educativo vemos que éste no sería un factor determinante (Tabla 2).

En el proceso de certificación se rinde un examen teórico que consta de 6 módulos múltiple choice, una vez aprobado éste, se rinde un examen práctico. El caso de los soldadores es el único en el que primero rinden la práctica y luego la teoría, si aprueban la práctica obtiene nivel 1, aquí demuestran su habilidad y destreza en el oficio y deben rendir cada 6 meses para mantener la certificación, la parte teórica la rinden si quieren obtener nivel 2, con este nivel además pueden enseñar el oficio.

En el período 2003-2010, el mayor nivel de desaprobación del examen teórico lo tuvo un alto porcentaje de personas con nivel secundario incompleto, 44 %; en igual número secundario completo con 34 % y primario completo 18 %. En el período 2011-2015, la mayoría de las personas que no aprobaron teoría el 36 % tenía secundario completo, el 24 % secundario incompleto y el 33 % primario completo. Es llamativo que 60 % de los que haya reprobado la teoría no tenga un bajo nivel educativo en el período 2011- 2015, porcentaje que se mantiene respecto al anterior período que fue de 66 %.

Las personas que aprobaron el examen teórico pero no el examen práctico quizás es uno de los casos más interesantes, en el período 2003-2010, se puede ver que el mayor nivel de aprobación de la teoría lo tuvo un alto porcentaje de personas con nivel secundario incompleto, 44 %, luego secundario completo 34 %, juntas acumulan un 78 % de la población pero no aprobaron el examen práctico con lo

cual se infiere que poseen conocimientos teóricos pero no prácticos acerca del oficio que se presentaron a rendir. En el período 2011-2015, el 56 % de esta población que tiene un nivel secundario aprobó el examen teórico y no aprobó el examen práctico, la conclusión es la misma que para el período anterior. En el periodo 2011-2015, el 46 % de las personas que aprobaron teoría, pero no rindieron la práctica tenían secundario completo, es un porcentaje alto, evidentemente no tenían la práctica del oficio o sólo les interesaba obtener la constancia de la teoría, como fuera mencionado anteriormente. Le sigue con un 25 % las personas con primario completo y el 22 % secundario incompleto.

Tabla 1: Máximo nivel educativo de personas certificadas y no certificadas en el período 2003-2015. N: 3392

NIVEL EDUCATIVO	No certificados	%	Certificados	%	Total	1 certificación	%	2 certificaciones	%	3 certificaciones	%	Más 4 certificaciones	%
Primario incompleto	42	2%	31	2%	73	12	2%	8	2%	8	4%	3	4%
Primario completo	511	26%	296	21%	807	137	18%	78	21%	54	27%	27	32%
Secundario incompleto	772	39%	618	44%	1390	326	43%	170	46%	90	46%	32	38%
Secundario completo	600	30%	452	32%	1052	274	36%	115	31%	41	21%	22	26%
Terciario incompleto	2	0%	7	0%	9	4	1%	2	1%	1	1%	0	0%
Terciario completo	6	0%	1	0%	7	1	0%	0	0%	0	0%	0	0%
Universitario completo	33	2%	8	1%	40	7	1%	0	0%	1	1%	0	0%
Universitario completo	11	1%	2	0%	13	0	0%	0	0%	2	1%	0	0%
TOTAL	1977		1415		3392	761		373		197		84	

Tabla 2: Edad de las personas certificadas y no certificadas en el período 2003-2015. N: 3392

EDAD	No certificados	%	Certificados	%	Total	1 certificación	%	2 certificaciones	%	3 certificaciones	%	Más 4 certificaciones	%
18 a 30 años	195	10%	71	5%	266	56	7%	13	3%	2	1%	0	0%
31 a 40 años	529	27%	340	24%	869	207	27%	99	27%	23	12%	11	13%
41 a 55 años	824	42%	612	43%	1436	322	42%	154	41%	97	49%	39	46%
Más de 55 años	429	22%	392	28%	821	176	23%	107	29%	75	38%	34	40%
TOTAL	1977		1415		3392	761		373		197		84	

Con los datos obtenidos la educación no parece ser un aspecto limitante a la hora de certificar, personas con bajo nivel educativo, pero con trayectoria en el oficio aparentemente por trayectoria laboral han logrado la certificación mientras que personas jóvenes con nivel educativo más alto, pero sin el oficio no lo lograron. En la adquisición de un oficio la experiencia práctica es fundamental, se aprende haciendo. “La asimilación- conversión de información y práctica en conocimiento tácito – constituye un proceso esencial para todas las habilidades” [16].

3.2. Estrategia cualitativa

En la estrategia cualitativa se realizaron entrevistas semiestructuradas con preguntas direccionadas y abiertas, para conocer las trayectorias laborales de los participantes y aquellos emergentes que estén asociados a sus carreras particulares.

La finalidad de la guía de la entrevista fue desentrañar por medio del discurso de los informantes, las tramas de significados que construyen en torno al trabajo y a la incidencia de su paso por el dispositivo de la certificación y el hecho de haber certificado su oficio en la UTN FRD.

Se pueden distinguir cinco grandes dimensiones de análisis y en cada una de ellas algunas categorías:

- 1) Trayectorias laborales: los entrevistados y sus trayectorias laborales. Inserción en el mundo laboral y trayectorias particulares.
- 2) Institución: acercamiento institucional a la UTN FRD a través del Programa Certificación de Oficios.
- 3) Personales: experiencias de vida y el oficio, nivel de ingresos, reconocimiento social y orgullo personal.
- 4) Laborales: formación para el desarrollo del oficio, jerarquización gremial, comunicación y trabajo en equipo, relación con superiores en las organizaciones.
- 5) Familiares: Apoyo familiar, familiares que aprendieron el oficio, uso del tiempo libre.

A los fines de respetar la extensión de escritura propuesta para el trabajo contaremos algunas de las categorías abordadas de las cinco dimensiones mencionadas. En la primera dimensión, trayectorias laborales comenzamos a conocer a los participantes y sus trayectorias laborales, cómo fue su inserción en el mundo laboral y sus trayectorias particulares, hay hallazgos interesantes. En el primer grupo, los mayores de 55 años que consta de 8 personas encontramos un montador eléctrico, dos electricistas industriales, dos soldadores, un instrumentista, un cañista tubista y un montador mecánico. En el segundo grupo de 40 a 55 años hay 5 personas, dos montadores mecánicos y cañistas tubistas, dos montadores mecánicos y un electricista industrial.

Ambos grupos tienen características particulares. El primero muestra mayor grado de especialización por el oficio y "respeto" por el oficio de sus compañeros. El otro grupo tiende más al hacer de "todo un poco" (polivalencia).

"...Uno se va haciendo a medida que va, y va buscando, va buscando establecerse en algún lugar para poder tener un poco de experiencia". Hilario evaluó que trabajo tenía más salida. "Yo decía, este fue mi pensamiento, porque primero estuve de andamista antes de estar de carpintero metálico". (Hilario, 47 años, E13, electricista).

Respecto al nivel educativo del primer grupo tres no culminaron el nivel primario, dos culminaron el nivel primario, uno de ellos se capacitó 2 años en una Escuela profesional e hizo 2 años de dibujo técnico y tres no culminaron el nivel secundario (uno hizo un curso de programador, el instrumentista). La historia común de todos ellos es el abandono de estudios para ir a trabajar y la falta de dinero en sus casas de origen.

En el segundo grupo, tres participantes tienen secundario incompleto, dos participantes tenían primaria completa, pero uno de ellos luego terminó la escuela técnica e inclusive se anotó en la facultad. El nivel educativo de este grupo es mayor que el primero el de los mayores.

La edad promedio de inserción laboral del primer grupo fue de 16 años, algunos con 12 y 13 años, otros con 16 años en talleres o en el campo y el resto con 18 en la industria.

"Desde los 12 años. Terminé 7mo grado el 30 de noviembre y el 13 de enero empecé a trabajar en el taller de tableros y bobinaje de motor...hasta los 16 años trabajé en ese taller y después entré en Cerámica como electricista, ya prácticamente como electricista" (Laureano, 62 años, E3, electricista).

En este grupo tenemos trayectorias interesantes personas que la "obra" las ha llevado a viajar mucho, estar alejados de su casa mucho tiempo, participaron de grandes obras en el país y en el exterior. Algunos llegaron a ser empresarios y cuentapropistas.

La edad promedio de inserción laboral del segundo grupo fue de 18 años por recomendaciones de conocidos. Los mayores de este grupo con características más cercanas a las de primer grupo. Los menores tomaban el desempleo y la rotación como algo natural.

En el segundo grupo tenemos personas que no tienen largas trayectorias laborales en sus oficios, el caso de los más jóvenes del grupo. Los más grandes han tenido alta rotación de empresas, pero las empresas grandes siempre los han "cuidado".

"Sí, en total más o menos 33 años (en la empresa). Diferentes contratistas. Ellos se iban y yo quedaba, pasaba con la empresa que renovaba el contrato y así seguía. Hasta ahora estoy ahí adentro" (Manuel, 53 años, E11, montador mecánico).

Respecto al acercamiento a la UTN FRD a través del Programa de Certificación de oficios, segunda dimensión de la entrevista, en el grupo de participantes mayores de 55 años, la certificación de oficios llega en una etapa tardía de sus vidas como todo, algunos lo tomaron bien e inclusive tuvieron una actitud crítica respecto al programa desde un marco lógico de implementación y sumaban. Otros se mostraron reticentes a verse sometidos a una evaluación por parte de una universidad, por ego, por temor, quizás porque no tenían ganas. El segundo grupo se mostró muy interesado de hecho algunos del grupo certificaron más de un oficio, vieron en la certificación una posibilidad de ascenso laboral y beneficios económicos. Son menos temerosos y tienen mayor nivel educativo.

"Una oportunidad, a los que no tuvimos la posibilidad de estudiar, de hacer un secundario, de tener un título, esto nos ayudó un montón porque con la certificación de oficio es más fácil ir a buscar un trabajo, es más fácil lograr un sueldo un poquito mejor. Es una carta de presentación" (Manuel, 53 años, E11, montador mecánico).

En el grupo de mayores de 55 años se puede observar que al ser personas con mucha experiencia, reconocidos en su oficio, la certificación no produce una mejora sustancial en su nivel de ingresos, algunos ya tenían la máxima categoría UOCRA como oficial especializado o UECARA como supervisores antes de obtener la certificación.

En el segundo grupo el de 40 a 55 años de entrevistados se notó e inclusive mencionó en las entrevistas las mejoras sustanciales que habían obtenido en sus ingresos a partir de la certificación. Ellos habiendo obtenido la certificación y de acuerdo al puntaje obtenido pudieron acceder a categorías dentro del

gremio y negociar su salario inclusive con la empresa contratista, en otros términos. Cabe destacar que esto es totalmente ajeno al proceso que se da puertas adentro de la Facultad.

M: eso está buenísimo, la certificación de oficios de ahora porque la gente quiere aprender porque sabe que tiene que venir a rendir. Porque si no rinde el obrero pierde plata y no le gusta.

E: ¿Vio una mejora económica a partir de la certificación?

M: Y sí porque si uno no tiene la certificación te bajan la categoría (Martín, 44 años, montador cañista y tubista cañista)

“No cabe duda de que es posible arreglárselas en la vida sin entrega. El artesano representa la condición específicamente humana del compromiso...La recompensa emocional que la artesanía brinda con el logro de la habilidad es doble: el artesano se basa en la realidad tangible y puede sentirse orgulloso de su trabajo” [16]. Esto se puede percibir a medida que los diferentes participantes son entrevistados, especialmente sin emitir juicios de valor en las personas mayores y su grado de identificación con el oficio en el que se formaron y cuentan con un reconocimiento social importante. Es un grupo que tiene una larga trayectoria en su oficio y al momento de la entrevista, ya tenían el reconocimiento de pares, superiores y las organizaciones por las que habían pasado que conocían sus habilidades y también sus defectos. Los integrantes descubrieron tempranamente que querían dedicarse a ese oficio y no se movieron de ese camino.

“Te da un poco más de prestigio (la credencial de certificación). Me parece que es lindo tener...aparte me dieron un certificado...todavía lo tengo yo, lo tengo en un cuadrito, que los pibes se ríen” (Honorio, 63 años, E8, montador mecánico). La certificación para algunos de ellos que una Universidad además le reconociera se oficio fue algo inesperado.

En cuanto al segundo grupo, ellos encontraron un grado de reconocimiento de su oficio mayor, anterior al hecho de no haber certificado. Sus pares, superiores, las empresas y sus familias destacan la diferencia. Un ejemplo es el de un entrevistado que inclusive llegó a tener entre 15 y 20 personas en un aula taller practicando para ir a rendir las evaluaciones o iban a su casa para que le explicara. Se formó una red de relaciones muy fuerte a partir del objetivo de certificar, se socializaron conocimientos, se compartieron experiencias de trabajo y de evaluaciones de certificación, para disminuir el temor a la misma, se formaron redes de contención... “la pertenencia a un grupo conlleva no sólo un conjunto de caracteres comunes, sino la unión por toda una serie de relaciones permanentes y útiles...” [3].

En cuanto a la jerarquización gremial y reconocimiento social de saberes, los participantes mayores de 55 años que trabajaban poseen trayectorias laborales estables, Tienen mayor experiencia laboral, aunque no necesariamente gran nivel educativo, a pesar de ello lograron mayor nivel de empleabilidad y posiciones de liderazgo. La mayoría tienen o tuvieron una categoría gremial importante eran oficiales especializados, máxima categoría de UOCRA o supervisores de UECARA. El significado de la certificación vino por otro lado, la vieron como un espacio de aprendizaje, de desafíos incluso para su carrera laboral en el gremio.

Los entrevistados de 40 a 55 años tuvieron cambios de categorías importantes, jerarquización gremial ascendente a partir de la certificación. Mejoras salariales importantes, tres de ellos pasaron a trabajar en empresas grandes como personal efectivo, pero regresaron a trabajar con las empresas contratistas, motivos: régimen laboral, falta de adaptación al ritmo fabril, menor pago del valor hora. La intervención del gremio en la colocación de sus agentes, la “recomendación” marca la diferencia para el ingreso a las redes.

Para finalizar cabe destacar el capital familiar comprende el conjunto de relaciones y contactos, la educación brindada en el hogar y los recursos intelectuales y materiales con que cuentan de manera diferenciada las familias de origen, que son eficientes en un espacio social determinado, que distinguen a los individuos, y que expresan una historia social acumulada producto de la vida familiar. En el trabajo a través de cada entrevista lo pudimos observar en cada historia, en el grupo de los mayores de 55 años hubo un apoyo familiar muy fuerte a lo largo de su vida debido a los vaivenes que tuvieron que afrontar, las obras, los mantuvieron mucho tiempo alejados de sus hogares. Hubo una gran preocupación en este grupo porque sus hijos estudiaran, en algunos casos siguieron el oficio del progenitor. Todos permanecen casados con su primera esposa y son abuelos. En sus tiempos libres les gusta pescar, pasear.

En el segundo grupo hubo un gran apoyo de parte de la familia hacia el trabajo en el oficio, y los cambios que se van dando en el mismo, los cambios en el mercado laboral son mercado y esa velocidad es percibida, la certificación, fue tomada como algo más natural. Los trabajadores no se alejan de sus familias por largos períodos de tiempo, Este grupo no duda del lugar de la educación en sus vidas. Los más grandes del grupo tienen hijos que siguen su oficio, pero estudian también en la universidad. En su tiempo libre como el primer grupo pescan, están con sus familias, pasean, se reúnen con sus compañeros y amigos a jugar al fútbol y pescar.

4. CONCLUSIONES.

El trabajo, como actividad creadora del hombre, es también fuente de conocimiento. En este sentido la tarea desarrollada por los trabajadores individual y colectivamente origina saberes no sólo prácticos sino también teóricos en la medida que en el hacer existe siempre una reflexión sobre la práctica. El objetivo de la implementación de un dispositivo como la certificación de oficios a través de la UTN FRD permitió que un número de personas pudieran obtener un certificado de acreditación de los conocimientos obtenidos a través de la experiencia y los procesos de formación y socialización atravesados en su vida. En ese sentido, UTN FRD, formando parte de una red de actores sociales, dio marco institucional al proceso de manera de facilitar el reconocimiento de trayectorias laborales para que se puedan organizar como una certificación de saberes con la finalidad de reconocer el oficio que poseían y con el cual obtenían el sustento estas personas. Ahora a partir de la certificación se habrían nuevas posibilidades el demostrar que sabe el oficio, la práctica, la teoría, que sabe cómo utilizar los elementos de protección personal para no incurrir en incidentes o accidentes laborales poniendo en riesgo su vida, la de otras personas y el funcionamiento de equipamiento y plantas no era menor.

Por medio de la reconstrucción y el análisis de las trayectorias laborales, se pudieron desentrañar las percepciones y los significados que los agentes construyen en torno a su recorrido por el mercado de trabajo, pero sin perder de vista el contexto sociohistórico en el que transcurre esa trayectoria individual. Por lo tanto, con la incorporación de este concepto es posible acercarnos al conocimiento de la interrelación existente entre los aspectos objetivos y subjetivos de las trayectorias.

Los entrevistados que han certificado su oficio, con alguna excepción, como es el caso de los soldadores, denotan un mayor grado de identificación y/o pertenencia con las empresas grandes, dónde realizan su trabajo durante varios años, que con las empresas contratistas, que pagan su sueldo, este es considerado personal de rutina. Se podría inferir que este hecho se debe a que, si son buenos en su oficio, las grandes empresas los "cuidan", pueden discontinuar contratos con las empresas contratistas, pero como parte del nuevo contrato, negocian que empleen a estas personas destacadas. Entre otras cuestiones se aduce el conocimiento de la persona acerca del funcionamiento de la empresa y su trayectoria laboral dentro de la misma, respecto al pago si pasan de una empresa a otra es probable que la empresa grande le diga lo que tiene que pagarle por su especialización. Si tuvieran un período sin trabajo cobran un fondo de

desempleo, es decir, no cobran indemnización, ya que al estar afiliados al gremio UOCRA (Unión Obrera de la Construcción de la República Argentina), tienen libreta de desempleo.

El caso de los soldadores merece un análisis separado, ya que se notó gran rotación de empresas, más trabajos en paradas de plantas por cortos períodos, personal golondrina, en los casos entrevistados casi no tuvieron períodos largos sin trabajo, ya que son escasos los soldadores y más aún los buenos. A través de sus relatos se puede percibir un gran compromiso por su profesión, generalmente son altamente calificados, ya que para cada intervención en una planta deben rendir la famosa probeta y le otorgan un cuño, su identificación, su marca. El oficio de soldador se asemeja al de un artista, su soldadura es una obra de arte, se requiere perfeccionamiento continuo y evaluación de su destreza, trabajan en condiciones difíciles y riesgosas, es muy sacrificado.

El oficio que aprendieron de gente que se formó como ellos dicen, en la “obra”, sus maestros, autoridades en lo que hacen, personas que ellos legitiman como “conocedores del oficio”. Ese lugar, la obra, el taller, donde se produce la articulación entre lo individual y lo social y da visibilidad al concepto del habitus.

En el caso de las personas mayores la certificación por un ente como la Facultad fue un paso que debieron dar por un requisito impuesto por las grandes empresas a las empresas contratistas. En otros casos fue condición de empleo, obtención de mayor jerarquización en su gremio UOCRA, muchos manifestaron temor a la certificación debido a su nivel educativo pero luego fueron “maestros” de los que los siguieron, sintiéndose los pioneros...” en los momentos muertos les enseñábamos a los demás” ...así se formaban las aulas taller en los containers.

Como contracara del programa de certificación, un entrevistado...” Muchos eran señores soldadores, pero no sabían leer ni escribir y no lograron certificar” ...se los ayudaba, el instructor les leía el examen teórico y tomaba oral, no era un impedimento no saber leer ni escribir, porque es un multiple choice y marcaban con una cruz.

Un estudio realizado con las personas que no certificaron demostró, que el nivel educativo no influye significativamente en la obtención de la certificación, pueden aprobar el examen teórico y no aprobar el examen práctico. Por lo tanto, la experiencia si influye de manera significativa en esta certificación personas con oficio han logrado superar más fácilmente las instancias teóricas con capacitación brindadas por sus propios compañeros o los instructores.

La obtención de la certificación tiene un significado tangible y más allá de los requisitos externos impuestos por cuestiones laborales, los motiva a presentarse porque implicará una mejora económica y jerarquización gremial

REFERENCIAS.

- [1] De Donato Vicente;(2006) Industria manufacturera año 2006: Observatorio PyME Regional Delta de la provincia de Buenos Aires, / ... [et al.]. - 1a ed. - Buenos Aires: Fundación Observatorio Pyme: Bononiae Libris: Universidad Tecnológica Nacional. Facultad Regional Delta, 2007. 92 p.: il. ; ISBN 978-987-23290-4-4
- [2] Jacinto, Claudia, Millenaar, Verónica; (2012). Los nuevos saberes para la inserción laboral: Formación para el trabajo con jóvenes vulnerables en Argentina. Revista Mexicana de Investigación Educativa. 17. 141-166.
- [3] Bourdieu, Pierre; (1980). Le capital social. Notes provisoires. Actes de la Recherche en Sciences Sociales, 31, pp. 2-3.
- [4] Jacinto, Claudia, Chitarroni, Horacio; (2010). Precariedades, rotación y movilidades en las trayectorias laborales juveniles. Estudios del Trabajo, enero/diciembre. 5-36.
- [5] Jacinto, Claudia; (2010). La construcción social de las trayectorias laborales de jóvenes. Políticas, instituciones, dispositivos y subjetividades. IDES. Editorial TESEO, Buenos Aires, Argentina.
- [6] Caminos truncados. Un estudio de las consecuencias de la privatización de YPF en las trayectorias laborales de los extrabajadores petroleros. Tesis de Maestría en Ciencias Sociales del Trabajo Facultad de Ciencias Sociales. Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires.
- [7] Roberti, María Eugenia; (2011). El enfoque biográfico en el análisis social: Una aproximación a los aspectos teórico-metodológicos de los estudios con trayectorias laborales [En línea]. Tesis doctoral. Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Disponible en: <http://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/tesis/te.683/te.683.pdf>
- [8] Riquelme, G. C. (2004) La educación secundaria antes y después de la reforma: efectos distributivos del gasto público. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Buenos Aires. Miño y Dávila Editores. Buenos Aires.
- [9] Gallart, María Antonia; (2008). Competencias, productividad y crecimiento del empleo: el caso de América Latina. OIT/Cinterfor, Montevideo.
- [10] Herger, Natalia; (2012). Los jóvenes y adultos con bajo nivel educativo enfrentando la fragmentación de los sistemas de educación y formación para trabajo: las políticas de reconocimiento de saberes de los trabajadores como campo relativo y conflictual. (PEET-IICE/UBA). Buenos Aires.
- [11] Bertrand, Olivier; (2000). Evaluación y certificación de competencias y cualificaciones profesionales. OEI. Madrid, España.
- [12] Agudelo, Santiago; (1993). Certificación Ocupacional. Manual didáctico. Montevideo, Uruguay. Cinterfor/OIT.
- [13] Ruiz Bueno, Carmen; (2006). La certificación profesional: algunas reflexiones y cuestiones a debate. Universidad Autónoma de Barcelona. Departamento de Pedagogía Aplicada. Grupo CIFO; Educar 38, 133-150.

- [14] Muñiz Terra, Leticia; (2012). "Carreras y trayectorias laborales: una revisión crítica de las principales aproximaciones teórico-metodológicas para su abordaje." *Revista Latinoamericana de Metodología de las Ciencias Sociales*. Vol. 2, nº 1, primer semestre de 2012., (pp. 36-65)
- [15] Ferrarotti, Franco; (1990). *La historia y lo cotidiano*. Centro Editor de América Latina. Buenos Aires.
- [16] Sennet, Richard; (2009). *El Artesano*. Ed. Anagrama. Barcelona, España. Barcelona, España.

Visión estéreo para personas no videntes con cámaras de bajo costo

Neira, Rodolfo Eduardo
rodolfoneira8@gmail.com

Lurgo, Gerardo Jorge
slurgo@arnet.com.ar

Rubiolo, Bruno
brunorubiolo1@gmail.com

Burgos, Fabián Agustín
fabianburgos.09@gmail.com

Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional San Francisco (Argentina).

Fecha de recepción: 05/07/2020

Fecha de aprobación COINI: 08/10/2020

Fecha de aprobación RIII: 22/06/2021

RESUMEN

En este trabajo se presenta el avance del diseño de un equipo de visión estéreo con cámaras de bajo costo capaz de detectar objetos dentro de una habitación, para facilitar la movilidad de personas no videntes dentro de la misma, evitando que sufra accidentes con algún objeto presente. Con este equipo se trata de lograr una mejor integración social de la persona ciega, aumentando sus expectativas en cuanto a movilidad y libertad de acción. Se ha demostrado que estas tecnologías favorecen la participación de la persona ciega en el medio familiar cercano y, también que posee un importante alcance psicológico desde lo emocional. Además, aumenta las posibilidades que tienen las instituciones relacionadas con esta temática al contar con tecnologías activas que posibilitan un mayor alcance para la atención efectiva de las personas que asisten. El uso de este equipo disminuye, de manera significativa los accidentes que se puedan ocasionar cuando al trasladarse la persona no vidente choque con objetos existentes y pueda producirse lesiones graves. De este modo la problemática de la persona con discapacidad visual se la aborda de un modo más inclusivo, donde no solo se centra en ella la atención de manera exclusiva, sino que también incluye al grupo familiar más cercano y, a las instituciones que tratan esta situación.

Palabras Claves: Discapacidad Visual, Integración Social, Persona, Bajo costo, Cámaras

Stereo vision for blind people with low cost cameras

ABSTRACT

This work presents the advancement of the design of a stereo vision equipment with low-cost cameras capable of detecting objects within a room, to facilitate the mobility of blind people within it, avoiding accidents with an object present. With this equipment, the aim is to achieve a better social integration of the blind person, increasing their expectations in terms of mobility and freedom of action. It has been shown that these technologies favor the participation of the blind person in the close family environment and also that it has an important psychological scope from the emotional point of view. In addition, it increases the possibilities that institutions related to this subject have by having active technologies that allow a greater scope for the effective care of the people who attend. The use of this equipment significantly reduces accidents that may occur when the blind person collides with existing objects when moving and serious injuries may occur. In this way, the problem of the person with visual impairment, is approached in a more inclusive way, where not only attention is focused on them exclusively, but also includes the closest family group and the institutions that treat this situation.

Keywords: Visual disability, Social integration, Person, Low cost, Cameras

Visão estérea para pessoas que não enxergam com câmeras baixo custo

RESUMO

Neste trabalho se apresenta o avanço do desenho de um aparelho de visão estérea com câmeras de baixo custo capaz de detectar objetos dentro de uma habitação, para facilitar a mobilização de pessoas não videntes dentro da mesma, evitando que sofra acidentes com algum objeto presente. Com este aparelho se trata de conseguir uma melhor integração social da pessoa cega, aumentando suas expectativas em quanto a mobilização e liberdade de ação. Tem se demonstrado que estas tecnologías favorecem a participação da pessoa cega no meio familiar mais próximo e, também que tem um importante alcance psicológico desde o emocional. Além disso, aumenta as possibilidades que têm as instituições relacionadas com esta temática ao contar com tecnologías ativas que possibilitam um maior alcance para a atenção efetiva das pessoas que assistem. O uso deste aparelho diminui, de maneira significativa os acidentes que se possam ocasionar quando ao se trasladar a pessoa que não enxerga bata com objetos existentes e possa se produzir lesões graves. Deste modo a problemática da pessoa com deficiência visual se aborda de um modo mais inclusivo, onde não só se centra nela a atenção de maneira exclusiva, se não que também incluye ao grupo familiar mais próximo e, às instituições que tratam esta situação.

Palavras chave: Deficiência visual, Integração social, Pessoa, Baixo custo, Câmeras

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de cámaras digitales con alta tecnología y día a día con mejores capacidades, ha permitido que en diferentes aplicaciones se utilicen como una alternativa a la visión humana, en diferentes tareas como, en la supervisión de personas mediante sistemas inteligentes que pueden detectar, contar, identificar y seguir la trayectoria de las personas [1], [2]; en sistemas de inspección visual automatizados de productos para el control de su calidad en las empresas de manufactura [3], entre muchas otras aplicaciones que crecen día a día.

El empleo de cámaras como sensores de medición de distancia ha tenido diferentes aplicaciones. Por ejemplo, su utilización para permitir la navegación autónoma de robots terrestres [4]; en arquitectura como un instrumento de medición en interiores para obtener las dimensiones de paredes y pisos, así como para la ubicación correcta de muebles con el propósito de diseño de interiores, en exteriores para medir el tamaño y la posición de ventanas y puertas [5], y muchas más. Una imagen o secuencia de imágenes trae consigo una cantidad muy grande de información geométrica acerca de la escena representada, se han desarrollado diferentes técnicas para la construcción de escenarios 3D a partir de imágenes en 2D [6].

Se han desarrollado técnicas y métodos de descomposición de imágenes para su representación en el espacio del mundo real. Thomas Bucher [7], describe un método para mapear una imagen a coordenadas del mundo real y obtener así, una aproximación de la altura de objetos, longitudes y cambios de posición; basándose en un pequeño grupo de parámetros de fácil estimación a partir de características de los objetos o marcas en la escena, esto sin la necesidad de requerir alguno de los parámetros intrínsecos de la cámara.

Lázaro et al. [8], presentan la caracterización de la variación de intensidad de niveles de grises y su análisis mediante FFT (Fast Fourier Transform: transformada rápida de Fourier), en imágenes tomadas para medir la distancia entre un diodo emisor de infrarrojo y el centro de una cámara. El método propuesto se aplicó para hacer una estimación de distancias en el rango de 420 a 800 cm, logrando una exactitud sobre el 3%.

Un campo en el que confluyen cámaras y ordenadores es, como su nombre indica, el de la Visión por Computador y dentro de éste la visión estereoscópica. Como fácilmente se puede deducir, las imágenes son bidimensionales mientras que la escena cotidiana es tridimensional. Esto significa que entre el paso de la escena, que es la realidad, a la imagen se ha perdido lo que denominamos la tercera dimensión. La visión estereoscópica constituye un procedimiento más para la obtención de esa tercera dimensión perdida y a partir de ella en la medida de lo posible la obtención de la forma de los objetos en la escena. Nuestro sistema visual humano es capaz de percibir en tres dimensiones y además es estereoscópico, constituido por dos ojos, ello es lo que ha hecho que los sistemas estereoscópicos artificiales utilicen al menos, dos imágenes distintas de la misma escena. Con ellas se puede llegar a determinar la distancia a la que se encuentra un objeto cualquiera, contenido en las dos imágenes, respecto del observador. Las cámaras se utilizan para captar las imágenes y el computador se requiere para realizar los cálculos que determinan la distancia al observador. En trabajos previos([9], [10]), se han desarrollado técnicas computacionales basadas en el análisis de imágenes estereoscópicas con el fin de determinar la estructura tridimensional de la escena captada y poder obtener parámetros tales como distancia entre los objetos de la imagen.

La visión estereoscópica está enfocada a analizar dos imágenes de la misma escena tomadas al mismo tiempo, con el objetivo de obtener diferentes puntos de vista de los objetos en la escena y en consecuencia más información de los objetos de análisis. Específicamente lo que comúnmente se busca con esta metodología es, el conocer la profundidad en la fotografía. Otro de los aspectos importantes que

nos aporta es la capacidad de medir las dimensiones de los objetos presentes en la escena, siempre y cuando dichos objetos se encuentren dentro de ambas imágenes del sistema y las cámaras se encuentren calibradas. Básicamente el problema en visión estereoscópica es: estimar un punto en el espacio de 3 dimensiones a partir de 2 fotografías distintas del punto deseado, todo con respecto a un sistema de referencia. Esto normalmente se resuelve por aproximación geométrica, comúnmente llamada triangulación.

2. MÉTODOS Y MATERIALES

En la actualidad es casi indispensable el uso de la tecnología para la solución a problemas cotidianos en la sociedad. Las cámaras digitales se utilizan en diversos ambientes y para distintas finalidades, destacando por ejemplo: seguridad (vigilancia de edificios, museos), comunicaciones (videoconferencias), entretenimiento (videoconsolas, cámaras fotográficas, cámaras de video), etc. Con la ayuda de una computadora se pueden desarrollar increíbles aparatos tecnológicos.

En este proyecto diseñaremos un equipo capaz de detectar objetos dentro de una habitación para incluir y facilitar la movilidad de personas no videntes dentro de la sala, de esta forma se les indica cuando están cerca de un objeto para evitar que la persona se accidente mediante un choque con el mismo. También se le indicaran las ubicaciones de las puertas de la habitación.

En la Figura 1 se observa el siguiente diagrama en bloques que resume el proyecto.

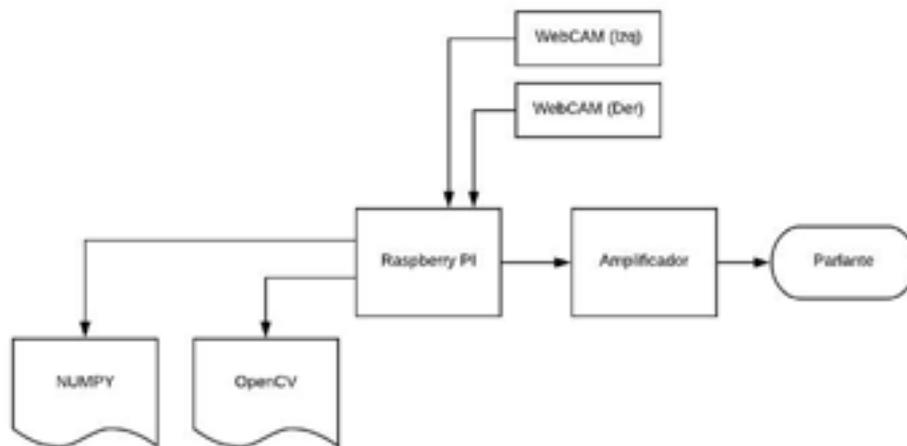


Figura 1 Diagrama General del proyecto.

2.1. Elección de la cámara

A partir de la problemática planteada anteriormente se parte desarrollando el equipo, en especial la parte de visión estéreo con cámaras de bajo costo. Luego de un estudio sobre las cámaras digitales que se comercializan en el mercado local, decidimos utilizar una cámara Web marca Logitech modelo C270 por su relación precio-calidad ya que se utilizarían dos, las mismas poseen una resolución HD 720p que nos permite trabajar bien sobre la imagen y, además nos brinda un refresco de imagen bastante adecuado para su utilización gracias a los 30 FPS de la misma, según lo indica la Figura 2.



Figura 2 Cámara Web.

Las características técnicas de la cámara Web marca Logitech modelo C270, se muestran en la Tabla 1

Tabla 1 Características técnicas.

Parámetro	Característica
Marca	Logitech
Modelo	C270
Línea	HD
Modelo alfanumérico	V-U0018
Micrófono Incorporado	Sí (mono)
Resolución de vídeo	HD 720p
Resolución de imagen	3 Mpx
Interfaces	USB 2.0
Sistema operativo que soporta	Windows 7, Windows Vista, Windows XP, Mac, Windows 10, Windows 8.1, Windows 8
Fluidez de video	30 FPS
Protección de imagen	Sí
Tipo de enfoque	Foco fijo
Tecnología de lente	Estándar
Campo visual	60°

2.2. Distorsión en las imágenes

Las cámaras de bajo costo existentes en el mercado actual introducen mucha distorsión en las imágenes. Dos distorsiones principales son la distorsión radial y la distorsión tangencial.

Debido a la distorsión radial, las líneas rectas aparecerán curvadas. Su efecto es mayor a medida que nos alejamos del centro de la imagen, como se puede observar en la Figura 3. Se puede ver que el borde no es una línea recta y no coincide.

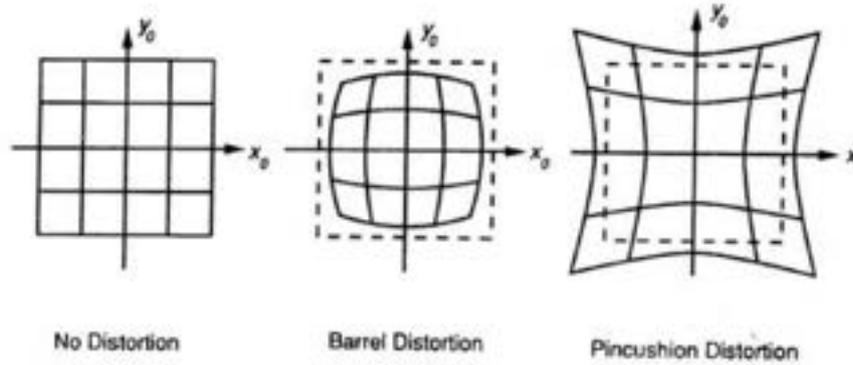


Figura 3 Distorsión de las imágenes.

Esta distorsión se resuelve de la siguiente manera, mediante la Ecuación (1) y la Ecuación (2):

$$x_{corrected} = x(1 + k_1r^2 + k_2r^4 + k_3r^6) \quad (1)$$

$$y_{corrected} = y(1 + k_1r^2 + k_2r^4 + k_3r^6) \quad (2)$$

Del mismo modo, otra distorsión es la tangencial que ocurre porque la toma de imágenes no está perfectamente alineada paralelamente al plano de imagen. Por lo tanto, algunas áreas en la imagen pueden verse más cercanas de lo esperado. Se resuelve como sigue, con la Ecuación (3) y la Ecuación (4):

$$x_{corrected} = x + [2p_1xy + p_2(r^2 + 2x^2)] \quad (3)$$

$$y_{corrected} = y + [p_1(r^2 + 2y^2) + 2p_2xy] \quad (4)$$

En resumen, necesitamos encontrar cinco parámetros, conocidos como coeficientes de distorsión dados, como se observa en la Ecuación (5):

$$Distortion\ coefficients = (k_1 \quad k_2 \quad p_1 \quad p_2 \quad k_3) \quad (5)$$

Además de los coeficientes de distorsión dados, necesitamos encontrar más información, como los parámetros intrínsecos y extrínsecos de una cámara digital. Los parámetros intrínsecos son específicos de una cámara. Incluye información como distancia focal (f_x, f_y), centros ópticos (c_x, c_y), etc. También se llama matriz de cámara. Depende sólo de la cámara, por lo que una vez calculada, se puede almacenar para fines futuros. Se expresa como una matriz de 3×3 (6):

$$\text{camera matrix} = \begin{bmatrix} f_x & 0 & c_x \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

Los parámetros extrínsecos corresponden a vectores de rotación y traslación que traducen las coordenadas de un punto 3D a un sistema de coordenadas.

Para las aplicaciones estéreo, estas distorsiones necesitan ser corregidas primero. Para encontrar todos estos parámetros, lo que tenemos que hacer es proporcionar algunas imágenes de muestra de un patrón bien definido (tablero de ajedrez), como se observa en la Figura 4. Encontramos algunos puntos específicos en él (esquinas cuadradas en tablero de ajedrez). Conocemos sus coordenadas en el espacio del mundo real y conocemos sus coordenadas en imagen. Con estos datos, un programa matemático lo resuelve para obtener los coeficientes de distorsión. Para obtener mejores resultados, necesitamos al menos 10 patrones de prueba.

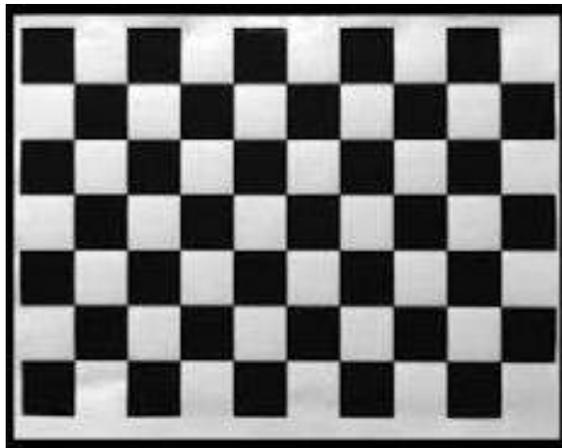


Figura 4 Vista de tablero de ajedrez.

2.3. Desarrollo del código de programación

Para realizar lo mencionado en este proyecto se desarrolló una programación en Python 2.7 mediante el editor de texto NOTEPAD++ unido con la librería OPENCV y NUMPY. La primera librería facilita el procesamiento de la imagen como lo es el escalado de colores y la generación de los mapas de disparidad, mientras que la última librería mencionada nos facilita el cálculo numérico y de matrices.

OpenCV es una librería de código abierto altamente optimizada para aplicaciones de visión artificial (en tiempo real), desarrollada por la firma Intel en 1999, y en la actualidad es utilizada como una herramienta en aplicaciones tales como: reconstrucción 3D a partir de imágenes, reconocimiento de objetos, detección de movimiento, entre otras.

Dentro de sus principales características, se mencionan su libre disponibilidad, como así también su posibilidad de usarse en varias plataformas, tales como: Windows, Mac OS X, GNU/Linux, Android, para arquitecturas de hardware ARM (dispositivos móviles y Raspberry PI) y para PC.

Es muy versátil para aprovechar la potencia de procesamiento de las placas gráficas, lo que permite el tratamiento de imágenes binarias, en tono de grises y a color, según Figura 5.

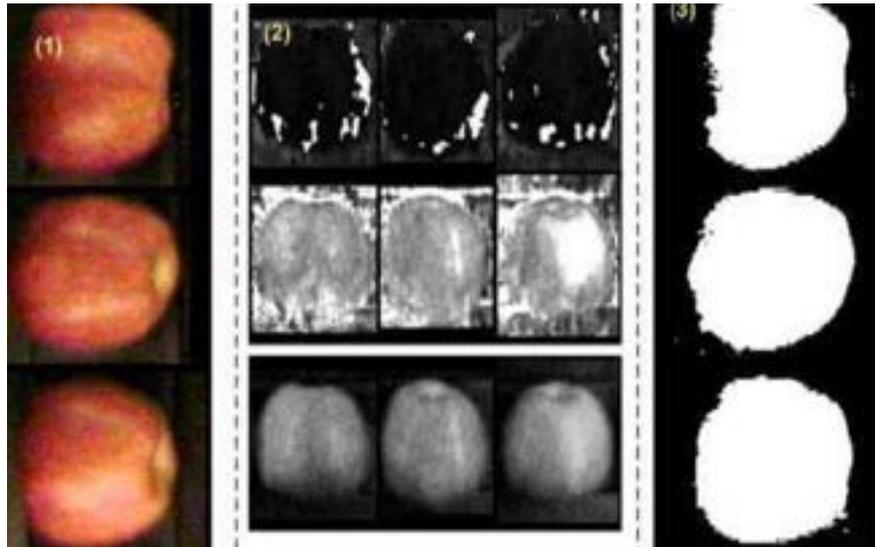


Figura 5 Vista de imagen usando OpenCV.

Al utilizar el lenguaje de programación *Python* para analizar datos, considerando que al final casi todo se reduce a realizar cálculos numéricos con matrices de dimensiones considerables, NumPy se convierte entonces en una herramienta esencial.

NumPy es un paquete de Python que significa “Numerical Python”, es la librería principal para la informática científica, proporciona potentes estructuras de datos, implementando matrices y matrices multidimensionales. Estas estructuras de datos garantizan cálculos eficientes con matrices. Los beneficios que aporta son: ser más compacto, acceder más rápido a leer y escribir artículos, ser más conveniente y más eficiente.

Algunos detalles técnicos, que fueron tenidos en cuenta para su aplicación, se mencionan a continuación:

1. Es distinta, y mucho más eficiente, la manera en que se accede a los elementos de un array de NumPy con respecto a cómo Python procede a realizar tal tarea en sus estructuras de datos básicas,
2. El número de comprobaciones intermedias a la hora de llevar a cabo cálculos numéricos es menor en NumPy, y
3. NumPy está escrito utilizando el lenguaje de programación C, que es bastante más rápido que Python.

Para el desarrollo del equipo, la intención del proyecto es utilizar el ejecutor de Python 2.7 en una computadora u ordenador tal como una Raspberry Pi 3 model B+, de modo que el sistema sea compacto, eficiente, de bajo consumo, confiable y económico. Esta placa realizará el procesamiento de las cámaras mediante el código en lenguaje Python y advertirá a la persona no vidente sobre los obstáculos y puertas presentes en los ambientes cerrados.

En la etapa inicial del proyecto se desarrolló el código de programación en un ordenador portátil con Windows 10, debido a su versatilidad de modificación, dicho código es capaz de detectar objetos en movimientos.

El sistema deberá avisar a la persona no vidente cuando la distancia del objeto sea menor o igual a la establecida y, para eso se debe medir la distancia entre las cámaras para luego encontrar la expresión que nos facilitará calcular la distancia a un objeto. Esta también depende de la distancia focal propia de la cámara digital, pixeles, y ángulo de apertura, tal como se indica en la Figura 6.

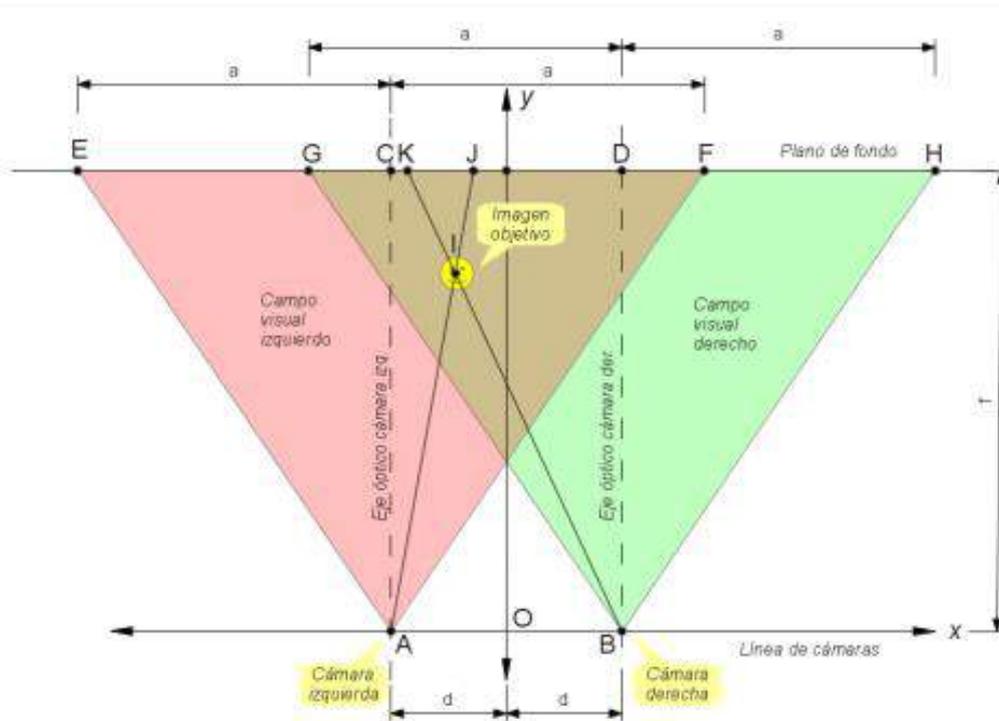


Figura 6 Vista de la distancia entre las cámaras digitales.

En la imagen superior se puede apreciar las distancias de las cámaras y la triangulación necesaria para obtener la distancia entre el objeto y el centro (ubicado en el medio de las dos cámaras).

A partir de dos imágenes (una de la cámara izquierda y una de la cámara derecha) se procede a detectar el mismo objeto, y mediante la fórmula matemática detectar la distancia al objeto, tal como se indica en el ejemplo de la Figura 7.

2.4. Desarrollo del proyecto

Con una fórmula matemática se compara dicha distancia con la distancia patrón y de esta forma se alertará a la persona no vidente cuando el obstáculo esté cerca para que pueda tomar las decisiones adecuadas.

Para hacer el proyecto viable como se mencionó anteriormente, se utilizará una Raspberry Pi 3 model B+ como procesamiento según Figura 8; para esto es necesario instalar una imagen de Linux y, luego instalar Python con el siguiente comando desde el símbolo del sistema: **sudo apt-get install python**

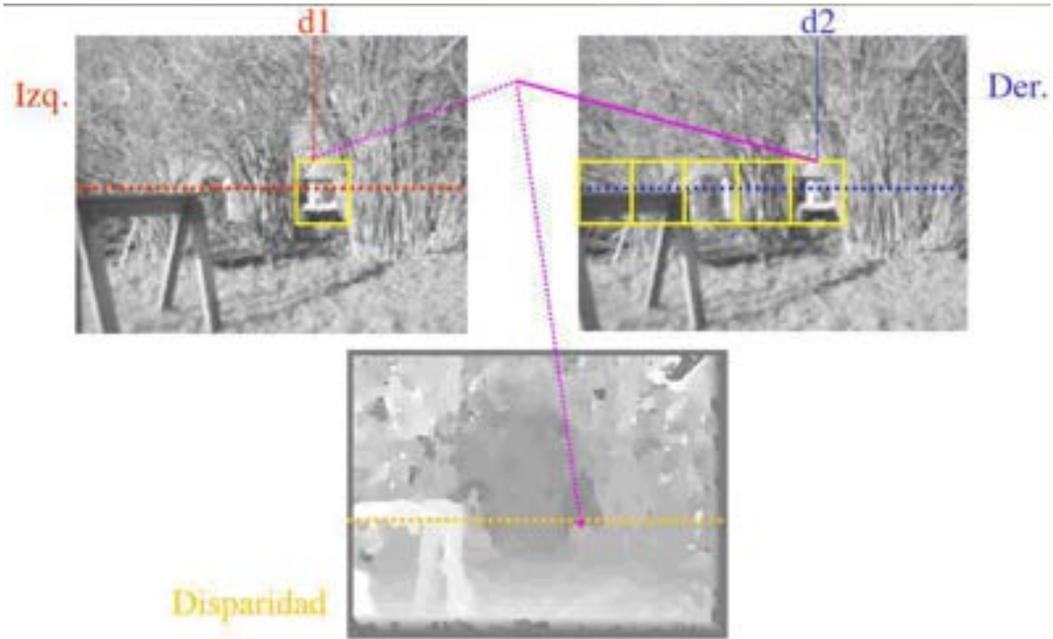


Figura 7 Imágenes de las cámaras digitales y su disparidad.



Figura 8 Vista de placa.

Las características técnicas de la placa Raspberry Pi 3 modelo B+, se muestran en la Tabla 2

Tabla 2 Características técnicas.

Parámetro	Característica
CPU	ARMv8 1.2 GHz 64-bit quad-core
Modelo	802.11n Wireless LAN
Protocolo de comunicación	Bluetooth 4.1
Tecnología de red	Bluetooth Low Energy (BLE)
Memoria RAM	1 GB
Puertos USB	4
pinos GPIO	40
Puerto	Puerto full HDMI

Sistema operativo que soporta	Windows 10, Linux, incluyendo Snappy Ubuntu Core
Puerto de red	Ethernet
Audio	Audio jack de 3.5 mm combinado con salida de video compuesto
Interfaz de display	DSI
Tarjeta	Slot Micro SD
Tarjeta de video	Video Core IV 3D graphics core

Para lograr el inicio automático del script de Python se utiliza el crontab de Linux de modo tal que al alimentar el circuito, se ejecutará de forma autónoma el script que contiene la programación de detección de obstáculos. Para configurar esto se utilizan las siguientes líneas de comandos desde el símbolo del sistema:

```
SUDO crontab -e

@reboot Python /home/pi/Desktop/Script.py

Control+S

Control+x

sudo /etc/init.d/rsyslog restart
```

Dicho script utiliza los pines GPIO de la placa Raspberry para emitir el sonido de salida, estos pines manejan corrientes bajas del orden de los 2mA y voltajes en formato ttl de 3.3V, según Figura 9.

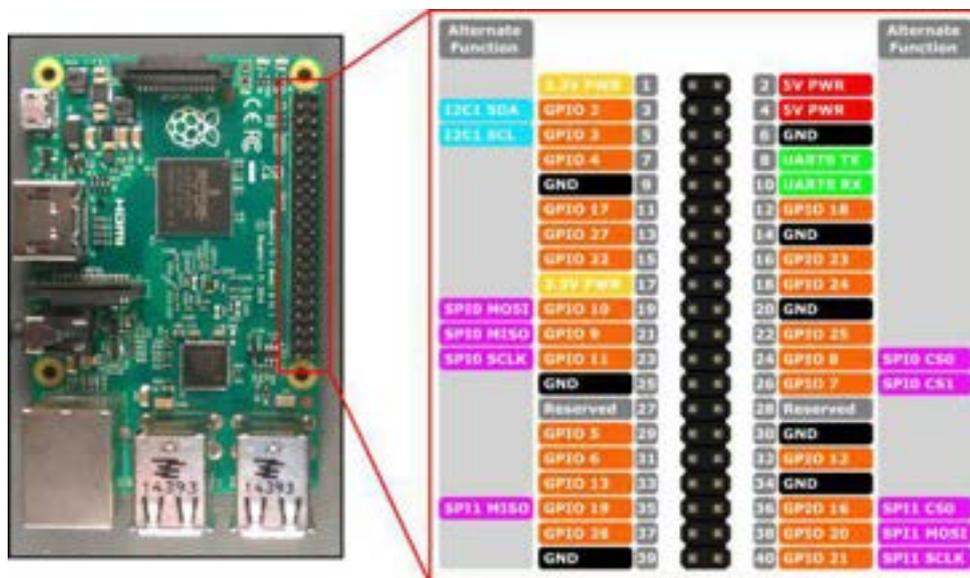


Figura 9 Vista de placa y conectores GPIO.

Para lograr emitir el sonido en un parlante se utiliza un amplificador configurado de la siguiente manera, como se indica en la Figura 10.

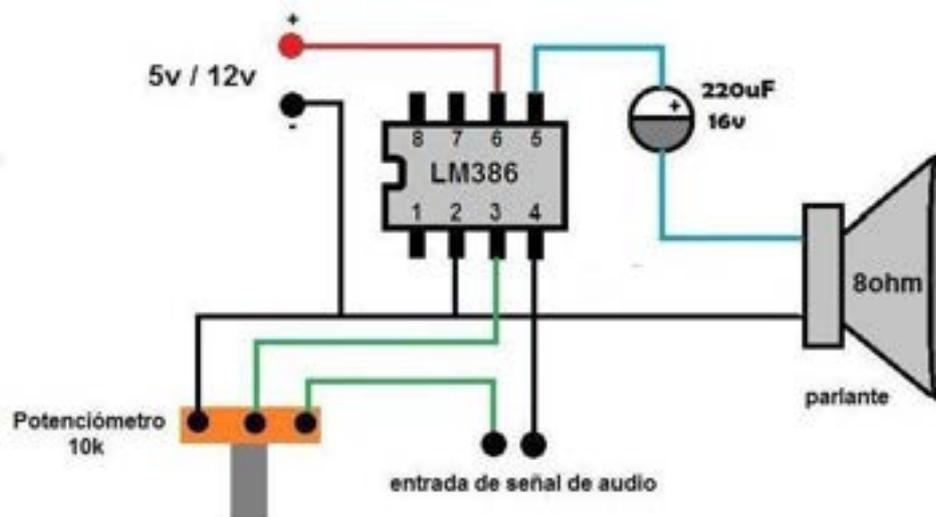


Figura 10 Vista del amplificador del parlante.

El LM386 es un circuito integrado que consiste en un amplificador que requiere bajo voltaje, tanto en la entrada de audio como en la alimentación. Suministrando 12 Volt se puede obtener 0,5 W de potencia, con solo un 0,2% de distorsión.

4. RESULTADOS

Mediante un estudio de los elementos existentes aplicados a facilitar la movilidad de personas no videntes, evitando que sufran accidentes con algún objeto presente, dentro de ambientes cerrados como una casa de familia o una oficina, hemos observado que los mismos son escasos y, de un costo elevado, generalmente por su procedencia del exterior.

Con el diseño y construcción de este equipo se logra mejorar la integración de la persona no vidente, así como disminuir notablemente los inconvenientes que origina en los familiares directos, reduciendo tiempos improductivos de quien lo asiste o acompaña y, mejorando su calidad de vida al tener mayor autonomía para desenvolverse en su hogar o en otro ámbito donde desarrolle sus actividades.

La construcción de este equipo, es producto de un desarrollo local que traería muchos beneficios al aprovechar la capacidad técnica e intelectual de la comunidad y, permitiría su aplicación a nivel regional y nacional.

5. CONCLUSIONES

El sentido de la vista es uno de los más importantes del ser humano, porque a través de ellos percibimos la mayor parte de la información del mundo que nos rodea.

Con los avances en tecnología de cámaras digitales que presentan mejores capacidades de resolución, ha permitido que se utilicen como una alternativa válida a la visión humana, lo que posibilita a las personas con discapacidad visual, desarrollar muchas tareas productivas y, ser un ejemplo para los demás, logrando su integración a la sociedad pero principalmente, que se sientan capaces de hacer lo que se propongan.

El acceso a estas nuevas tecnologías puede resultar algo costoso para algunas personas, pero cada vez que ingresa al mercado un producto nuevo, los costos van disminuyendo y, se vuelven accesibles cada vez más para la sociedad toda.

Con el desarrollo de este equipo, se obtendrá información que puede ser utilizada para mejorar en forma significativa la construcción de ambientes adaptados con tecnología disponible para personas no videntes, además aportar información importante para potenciar políticas públicas para mejorar la movilidad de personas con baja visión o ceguera, entre otros avances.

Además, articular experiencias con organismos que trabajan la problemática de la discapacidad visual, se retroalimentarán mutuamente pudiendo utilizar herramientas estadísticas para ser aplicadas en la mejora de la calidad de vida de las mismas.

REFERENCIAS.

- [1] Dee, H. M., Velastin, S. A. (2008) How close are we to solving the problem of automated visual surveillance? *Machine Vision and Applications*, vol. 19, no. 5–6, pp. 329–343.
- [2] Vera P., Zenteno, D., Salas, J. (2013) Counting Pedestrians in Bidirectional Scenarios Using Zenithal Depth Images, *Proceedings of 5th Mexican Conference, MCPR, Querétaro, Mexico*. Junio 26–29, pp. 84–93.
- [3] Chin, R. T., Harlow, C. A. (1982) Automated visual inspection: A survey, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 6, pp. 557–573.
- [4] Royer E. et al., (2007) Monocular vision for mobile robot localization and autonomous navigation, *International Journal of Computer Vision*, vol. 74, no. 3, pp. 237–260.
- [5] Criminisi, A., Reid, I., Zisserman, A. (1999) A plane measuring device, *Image and Vision Computing*, vol. 17, no. 8, pp. 625–634.
- [6] Wan Y. et al., (2012) A Study in 3D-Reconstruction Using Kinect Sensor, *8th International Conference on Wireless Communications, Networking and Mobile Computing (WiCOM), IEEE*, pp. 1–7.
- [7] Bucher, T. (2000) Measurement of distance and height in images based on easy attainable calibration parameters, *Proceedings of the IEEE in Intelligent Vehicles Symposium, IV*, pp. 314–319.
- [8] Lázaro J. L. et al. (2009) Sensor for distance estimation using FFT of images. *Sensors*, vol. 9, no. 12, pp. 10434–10446.
- [9] Alvarez L., Sanchez J., Sobre algunos problemas reales en visión por ordenador que conducen a sistemas de ecuaciones algebraicos., *Departamento de Informática y Sistemas, Universidad de Las Palmas de G.C.*
- [10] Brady M., Wang H., (1992). *Visión for Mobile Robots*, Robotics Research Group, Department of Engineering Science, University of Oxford.

Propuesta de un Juego Serio en materias de ciclo básico de Ingeniería Industrial

Valentini, José Ernesto

jevalentini@gmail.com

Castro, Manuel

mcastro@frsn.utn.edu.ar

Colombo, Emanuel

ecolombo@frsn.utn.edu.ar

Gasol, Julián

jgasol@frsn.utn.edu.ar

Moschini, César

cmoschini@frsn.utn.edu.ar

Sassaroli, Fernando

fsassaroli@frsn.utn.edu.ar

Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional San Nicolás (Argentina).

Fecha de recepción: 17/07/2020

Fecha de aprobación COINI: 22/09/2020

Fecha de aprobación RIII: 25/05/2021

RESUMEN

Este trabajo describe una propuesta de un juego serio aplicable en los primeros años de la carrera de ingeniería, que puede desarrollarse tanto en instancia presencial como virtual con los ajustes adecuados en el diseño. Constituye una estrategia didáctica innovadora para reforzar conceptos básicos fundamentales para el desarrollo de materias del ciclo básico en UTN-FRSN.

La propuesta lúdica se desarrolla en el marco de un proyecto de investigación. Tiene por objetivo incorporar, recordar y retener conceptos a través de la asociación y la lógica en una dinámica colaborativa y de competencia por equipos. Consiste en rondas por equipos, en cada uno un participante deberá descifrar la incógnita en un tiempo determinado realizando preguntas a su equipo. Busca la aprehensión de contenidos teóricos ejercitando desde el inicio de la carrera el trabajo en equipo, la comunicación efectiva, la gestión del tiempo y el liderazgo, para la formación integral del futuro ingeniero industrial.

Los juegos serios promueven la atención y el aprendizaje activo, potencian la interacción y participación entre estudiantes y profesores, y favorecen a través de la experimentación, el desarrollo de conocimientos y habilidades. En particular en el inicio de la carrera, en escenarios como el actual de emergencia sanitaria, se traduce en una instancia que favorece la integración de alumnos que en algunos casos no se conocen.

Palabras Claves: Aula virtual, Examen virtual, Emociones, Pandemia, Virtualidad

Proposal of Serious Game for general subjects of Industrial Engineering

ABSTRACT

This paper describes a proposal of serious game that can be applied to the early years of the engineering career, which may unfold in a physical classroom or a virtual one with the appropriate design changes. This constitutes an innovative didactic strategy to reinforce the basic and most fundamental concepts that are needed in general engineering courses at UTN-FRSN.

The ludic proposal is done within the scope of a research project. It aims at incorporating, remembering and retaining concepts through association and logic in a collaborative dynamic and a team challenge. There are rounds within each team; every one of the participants must unravel an unknown topic on a limited time frame by asking questions to their team. The apprehension of theoretical topics is intended by practicing teamwork, effective communication, time management, and leadership since the early stages of the career in order to have a well-rounded education for the future industrial engineers.

Serious games foster attention and active learning, improve the interaction and participation between students and teachers, and they favor the development of knowledge and skills through experimentation. Particularly in the beginning of the career, in scenarios like the present health emergency, serious games are positive for students to have a place to get to know each other if they haven't yet.

Keywords: serious games, general subjects, active learning

Proposta de Serious Game em matéria de ciclo básico de Engenharia Industrial

RESUMO

Este trabalho descreve uma proposta de serious game aplicável nos primeiros anos da carreira de engenheiro, que pode ser desenvolvido tanto presencial quanto virtual com os devidos ajustes no projeto. Constitui uma estratégia didática inovadora para reforçar conceitos básicos fundamentais para o desenvolvimento das disciplinas do ciclo básico na UTN-FRSN.

A proposta lúdica desenvolve-se no âmbito de um projeto de investigação. Seu objetivo é incorporar, lembrar e reter conceitos através da associação e da lógica em uma dinâmica colaborativa e competição por equipes. Consiste em rodadas por equipes, em cada uma o participante deve decifrar o desconhecido em um determinado momento fazendo perguntas à sua equipe. Busca a apreensão do conteúdo teórico, exercitando o trabalho em equipe, a comunicação eficaz, a gestão do tempo e a liderança desde o início da carreira, para a formação integral do futuro engenheiro industrial.

Os jogos sérios promovem a atenção e a aprendizagem ativa, aumentam a interação e a participação entre alunos e professores e favorecem, através da experimentação, o desenvolvimento de conhecimentos e competências. Em particular no início da carreira, em cenários como a atual emergência sanitária, traduz-se em um momento que favorece a integração de alunos que em alguns casos não são conhecidos.

Palavras chave: jogos sérios, disciplinas do ciclo básico, aprendizagem ativa

1. INTRODUCCIÓN

La aprehensión de conceptos técnicos y científicos como los que se dan en las carreras de ingeniería se torna dificultosa cuando el tema dista de una aplicación real o de un sustento físico tangible en el contexto del aula (la clase). El proyecto “Diseño y desarrollo de estrategias didácticas utilizando juegos serios en Ingeniería Industrial” – Parte II con sede en la Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura de la Universidad Nacional de Rosario en conjunto con la Facultad Regional San Nicolás de la Universidad Tecnológica Nacional estudia cómo se pueden implementar juegos serios y gamificación para contribuir en la enseñanza y proponer estrategias didácticas innovadoras.

Esta necesidad se enmarca en un tiempo donde el mundo del trabajo busca soluciones a problemáticas nuevas de forma constante y precisa de profesionales competentes y capacitados para afrontar los desafíos de aprender haciendo: las habilidades que la facultad les enseña deberán servirles para adaptarse a este nuevo devenir en el cual los alumnos estarán inmersos. Los juegos serios son actividades en las que “se genera un efecto sinérgico cuando se los combina con la enseñanza y la capacitación clásica, y se crea un ambiente atractivo e inspirador que fomenta la reflexión” [1].

Vista esta realidad se planteó un juego serio en base al conocido juego “Adivina qué soy”, pero con la intención de proponer un repaso de aquellos temas identificados como fundamentales de materias del ciclo básico en ingeniería industrial. La propuesta fue ideada por alumnos participantes del proyecto y se fue mejorando a través de las pruebas de funcionamiento con los integrantes y la guía de los integrantes docentes. En la totalidad del proceso creativo didáctico se tuvo en cuenta la importancia de desarrollar la lúdica en modo virtual mientras se cumple con el período de aislamiento social preventivo y obligatorio que ha desencadenado la actual emergencia sanitaria.

2. MARCO TEÓRICO

En los últimos años se han generado múltiples cambios en los esquemas económicos, productivos y sociales, generando la necesidad de revisar la enseñanza de la Ingeniería para adecuarla a los diversos avances. En este sentido el futuro ingeniero deberá no solo saber ser, sino saber hacer y resolver problemas complejos requiriendo no solo conocimientos, sino un conjunto de habilidades y destrezas para poder desempeñarse con solvencia.

Los avances tecnológicos han impactado de manera importante en los usos y costumbres diarios. Por ello, los docentes se encuentran en constante adaptación a los cambios que ofrecen las TIC en la realidad del día a día [2]. Desde sus inicios los integrantes de este proyecto estudian la utilización de lúdicas para enseñar con la intención de lograr ingenieros con las competencias necesarias en este nuevo escenario. En 2018, se trabajó en incluir dispositivos como teléfonos celulares o computadoras que ayuden en el proceso de enseñanza [3] como un complemento a los métodos tradicionales.

En 2020 se sumó el desafío de enseñar a distancia siendo autodidactas y con una expectativa de regreso a la presencialidad que hasta el momento no ha sido posible. Dentro de esta situación insoslayable, se plantea la continuación del proceso de diseño de juegos para materias del ciclo básico de las carreras de ingeniería con el objetivo de avanzar año a año en la búsqueda de la mejora permanente de los futuros egresados.

El uso de TIC y juegos serios se ha documentado en trabajos que provienen de diversas áreas del saber donde se señalan sus numerosos beneficios. Desde una mejora del rendimiento de los estudiantes [4], pasando por una mayor motivación y menor presión [5], hasta la formación de los empleados en

empresas [6]. En este trabajo se aborda la adaptación de un juego conocido a la dinámica de juegos serios, con claros propósitos pedagógicos y de aprendizajes, ya que para su diseño se pueden imitar elementos fundamentales de dinámicas de entretenimiento exitosos como son: competencia y metas, reglas, actividades desafiantes, decisiones, y elementos de fantasía [7].

3. DESCRIPCIÓN DEL JUEGO

El juego planteado tiene como objetivo el repaso de contenidos de materias anteriores o bien de la misma materia en la que se presenta. Se prepararon elementos que conforman la estética del juego como cartas, cronómetro y una ruleta presentados en la figura 1. A continuación se describe la lúdica que se estudiará en este trabajo y diferentes variantes para el uso de estos elementos con sus respectivas dinámicas de juego que pueden ser analizadas a futuro.



Figura 1: Ruleta, cronómetro y algunas de las cartas del juego.

3.1. Adivina qué soy

El juego se desarrolló para que se pueda utilizar tanto de forma presencial como en línea. En las secciones siguientes se describirá el juego en su versión virtualizada. Esta decisión de diseño se tomó debido a la pandemia que atraviesa el mundo y que nos ha llevado a proponer nuevas estrategias didácticas para ser aplicadas de forma no presencial. En las instrucciones que están más adelante se

presenta cómo se genera la situación de juego, cómo es la dinámica y puntajes, y cómo cada uno de los participantes repasará sobre la materia en particular o los temas que ella requiera.

3.2. Instrucciones

3.2.1 Objetivo

El objetivo de este juego es que un jugador de cada grupo pueda descifrar una incógnita mientras que recibe ayuda de sus compañeros, que conocen dicho enigma.

El trabajo en equipo será la clave del éxito.

3.2.2 Preparación

Cada jugador deberá hacerse presente en la plataforma de reuniones en línea acordada con un dispositivo digital con cámara (computadora, Tablet o celular). Allí, un grupo de coordinadores informará sobre las reglas del juego, mientras que se compartirá una pantalla que contenga un tablero digital con las cartas virtuales que darán lugar al juego.

En el formato virtual se invita a que los participantes activen sus cámaras. Esto no solo permite fomentar un sentido de acercamiento, sino que evita que los jugadores se salteen las reglas.

3.2.3 Equipamiento

- Dispositivo digital (Tablet / Celular / PC).
- Cámara web (en caso de no incorporarse en el dispositivo).
- Aplicación en línea (acordada y uniforme entre todos los participantes).
- Plataforma con cartas, ruleta y cronómetro.

3.2.4 ¡A Jugar!

Se determinará mediante sorteo los grupos de participantes. Cada uno debe conformarse por entre 4 y 5 jugadores. Luego de la división, en caso de quedar un número de participantes inferior al mencionado, los mismos se distribuirán equitativamente entre los grupos (a pesar de que los mismos no queden integrados por la misma cantidad de asistentes).

Cada grupo será derivado a diferentes reuniones en línea, con al menos un coordinador por equipo, para que todos jueguen en paralelo.

Una vez agrupados en equipos, cada uno de los miembros elegirán por votación a un representante que tendrá la incógnita a averiguar. No deben preocuparse si no quedan seleccionados la primera vez, todos participarán siendo los “participantes incógnitos” en algún momento del juego.

El coordinador del grupo girará la ruleta para saber el tema/materia que les tocará y, a posteriori, solicitará que el participante seleccionado permanezca con la cámara activada y se rote disponiéndose de espaldas a la pantalla (para que no pueda ver lo que viene a continuación). Luego el coordinador dejará que los compañeros del jugador antedicho puedan ver la respuesta de la carta enigma. Finalmente, la carta se oculta y el jugador incógnito vuelve a su posición inicial.

Cuando todos estén listos, el coordinador de la sala activará su cronómetro digital en pantalla y el tiempo comenzará a correr. En el lapso de 3 minutos, el participante podrá hacer preguntas a sus compañeros para que ellos respondan con “sí”, “no” o “tal vez”. De esta forma, quien debe revelar el enigma podrá empezar a desentrañarlo.

En caso de que el participante crea que ya sabe la respuesta, tendrá dos oportunidades para contestar. Dependiendo de cuánto tarde en hacerlo, si acierta o si está equivocado, el equipo recibirá diferentes puntajes.

Es importante señalar que las preguntas deberán tener un vocabulario específico de las materias vinculadas. Si el coordinador considera que la pregunta no es adecuada, podrá intervenir y anularla antes de que el equipo dé una respuesta. Si a pesar de ello, el grupo contesta, la acción se verá reflejada en el puntaje.

Por su parte, cualquier situación que dé sospechas objetivas al coordinador acerca de una falta al reglamento, será penalizada con puntajes.

3.2.5 Bonus Track

En caso de agotarse el tiempo y el participante con la incógnita no puede arriesgar por falta de información, el coordinador del equipo dará una pista fuera de tiempo. A partir de allí, el jugador tendrá 30 segundos para responder.

3.2.6 Puntuación

Los puntos serán otorgados de la siguiente manera:

- Si responden correctamente antes de los 60 segundos: 5 puntos
- Si responden correctamente entre los 60 segundos y los 120 segundos: 3 puntos.
- Si responden correctamente entre los 120 segundos y los 180 segundos: 1 punto.
- Si responden correctamente en Bonus Track: 0,5 puntos.
- Si no pueden contestar bajo ninguna de las posibilidades ofrecidas: 0 puntos.
- Si evaden alguna de las reglas mencionadas: -3 puntos y la carta es cancelada.

3.2.7 Estrategia

Se recomienda realizar preguntas generales para orientar el tema en forma global y, de esta forma, poder ir lentamente hacia lo particular. Como el tiempo es valioso se debe gestionar de manera adecuada. El participante no debería dejarse llevar por sus impulsos. Debe arriesgar si está seguro de ganar.

3.3. Variantes del juego

3.3.1 Variante I

En esta variante un participante deberá descubrir la incógnita a partir de las pistas dadas por sus compañeros, hasta que pueda averiguarla o descubrirla (ya sea mediante frases, palabras, ecuaciones o lo que el grupo considere conveniente). Cabe destacar que dichas pistas deberán encuadrarse bajo ciertas reglas que estipule el equipo organizador. Se considera que algunas palabras serán bloqueadas y no se podrán utilizar. Con todo ello, el participante incógnito podrá formar una idea mental de la

temática en cuestión y arriesgarla cuando lo considere necesario (con tiempos preestablecidos y las indicaciones de los moderadores).

3.3.2. Variante II

Para esta segunda variante se plantea que no se elija a un jugador incógnita, sino que el organizador les brinde las pistas y el equipo haga un debate acerca de qué significan para luego arriesgar en conjunto o pedir más pistas. Las ayudas serán cada vez más detalladas, facilitando la respuesta paso a paso. Sin embargo, mientras más acerque la pista a la respuesta, el puntaje obtenido será menor.

4. DESARROLLO

Una vez diseñado y detallado los pasos y variantes del juego, se hizo una prueba piloto para probar la factibilidad de una actividad lúdica con estas características. Se pudieron observar detalles que era necesario mejorar para avanzar, como una definición más clara de las reglas y un método para medir la efectividad. Se inició, entonces, el proceso de elaboración del instructivo y los elementos lúdicos requeridos por la dinámica.

4.1. Elementos lúdicos de diseño propio

Esta etapa requirió trabajo de diseño, experimentación y prueba de la mecánica del juego.

Se necesitaba una forma de medir y mostrar tiempos, seleccionando el tema o materia con la que jugar y cartas con las diferentes incógnitas que servirían para comenzar. Para medir y mostrar tiempos, así como para elegir el tema o materia, se utilizó una página que permite visualizar un cronómetro y, que permite realizar ruletas. Para el caso de las cartas, fueron diseñadas internamente por el equipo, pero se utilizó otra página de internet para que forme un mazo personalizado, mezcle y reparta como se muestra en la figura 2, de modo que las cartas que se hicieron aparezcan aleatoriamente. Las diferentes herramientas y aplicaciones en línea, se unieron en una única plataforma que permite dirigirse a las diferentes aplicaciones con sencillez, agilidad y sin complejizar la dinámica [8].



Figura 2: Mezclador de baraja de imágenes previamente diseñadas. Fuente: elaboración propia

4.2. Evaluación de la lúdica

Además, se requería de un método de evaluación del resultado del juego y la percepción que tenía el usuario del juego y una manera de plasmar la percepción de los moderadores. Para las evaluaciones se hicieron formularios en línea donde responder a consignas para evaluar el juego y una encuesta para conocer la opinión de los participantes.

Para dejar asentada la vivencia de los moderadores se realizó una plantilla de anotaciones (figura 3) con rúbricas “bueno”, “malo” o “regular” para las categorías “adaptabilidad a la plataforma”, “trabajo en equipo”, “comunicación efectiva”, “comprensión de las preguntas”, “lenguaje académico”, “preguntas asertivas”, “conocimiento del tema” y “gestión del tiempo”. Al finalizar con todos estos elementos, resultó necesario definir quién se encargaría de manejar cada uno de esos elementos durante la experiencia y cuántas personas se requerían para tal fin.

Aplicación utilizada				
Participante evaluado				
Temática involucrada				
Sala correspondiente				

	Bueno	Regular	Malo	Observaciones
Adaptabilidad a la plataforma	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Trabajo en equipo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Comunicación efectiva	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Comprensión de las preguntas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Lenguaje académico	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Preguntas asertivas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Conocimiento del tema	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Gestión del tiempo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Figura 3: Planilla del evaluador.

4.3. Roles de los moderadores

Para poder organizar los esfuerzos de los coordinadores del juego y agilizar la dinámica se designaron roles precisos para que se puedan asumir distintas responsabilidades a la hora de la actividad lúdica: Difusor, Cronometrista, Organizador, Juez, Contador y Evaluador de desempeño. Esta división no significa que una persona deba hacer solo uno de los roles, ya que algunos roles nunca se dan al mismo tiempo, pero se requiere definir las funciones de cada uno de ellos. Cabe señalar que se necesitan al menos dos coordinadores por equipo.

4.3.1 Difusor

Será la persona que brinda la explicación del juego serio “Adivina qué soy”. Lo hará al inicio de la convocatoria, cuando el total de los asistentes se encuentren reunidos en único grupo.

En este momento, se deberán evacuar todas las inquietudes que los participantes tengan acerca del juego, se responderán preguntas e incluso se podrá ejemplificar con una partida modelo (donde los participantes sean miembros del equipo organizador del juego).

4.3.2 Cronometrista

Será la persona encargada de activar y desactivar el cronómetro digital, según se indica en el instructivo del juego "Adivina qué soy". Deberá dar aviso en voz alta del inicio y fin de la ronda a los participantes, en caso de que los mismos se encuentren concentrados plenamente en el juego y descuiden el tiempo cronometrado. Por el mismo motivo deberá anunciar, en cada ronda, cuando falten 30 (treinta) segundos para culminar la partida. Esto ayudará a los participantes en la gestión de sus tiempos permitiéndose la toma de decisiones oportuna.

4.3.3 Organizador

Será la persona encargada de coordinar cada grupo pequeño de jugadores durante las partidas. Deberá guiar a los participantes para que cumplan sus objetivos y recordarles las reglas o instrucciones en caso de ser necesario.

Dicha persona deberá estar preparada para evacuar dudas rápidas durante una partida, para que los jugadores no pierdan su tiempo en caso de no recordar el instructivo mientras el cronómetro avanza.

4.3.4 Juez

La persona que tenga este rol deberá ser un gran conocedor de las reglas y, bajo una mirada netamente objetiva, deberá detener el juego en caso de detectarse el incumplimiento del reglamento propuesto.

4.3.5 Contador

Basándose en el desarrollo del juego y en las observaciones que realice el juez, el contador debe anotar los puntajes en cada partida jugada por el equipo. Los mismos serán sumados al final de todas las rondas, y así se determinará el valor final obtenido por el grupo.

Posteriormente, se deberá comparar con los puntajes obtenidos por los demás contadores para lograr jerarquizar los equipos y definir el ganador definitivo.

4.3.6 Evaluador de desempeño

Esta persona deberá estar presente durante la totalidad de las partidas llevadas a cabo por cada grupo. En caso de desarrollarse el juego en diferentes salas en paralelo, se requerirá un evaluador en cada una de ellas.

La función de dicha persona es observar el desarrollo del juego serio, e ir generando anotaciones que considere pertinentes para contrastar el desarrollo de la lúdica con los objetivos de la misma. Finalmente, se realizará una puesta en común entre los evaluadores de desempeño de cada sala a través de las planillas hechas a tal fin, para generar un panorama global de la gamificación destacándose debilidades observadas y oportunidades de mejora.

4.4. Experiencias

Se realizaron dos pruebas piloto del juego, una con integrantes alumnos del proyecto pertenecientes a la UNR y la otra con integrantes alumnos y docentes del proyecto de la UTN. Se utilizaron las materias “Física”, “Análisis matemático”, “Informática”, “Álgebra” y “Química” en la ruleta de temas.

5. RESULTADOS

5.1. Experiencia con grupo de Rosario

Se jugaron tres rondas donde en una sala salieron las cartas “elipse”, “límite” y “trabajo”, y en la otra “derivada”, “trabajo”, “software”. En esta lúdica se utilizó una conocida plataforma de reuniones utilizada por juegos online [9] y no hubo ningún inconveniente ni desventaja clara en su uso a efectos del aprendizaje.

5.1.1 Percepción de los moderadores

De las anotaciones de los coordinadores se deduce que la dinámica funciona, ya que no hubo evaluación indicada en la categoría “mala” en ninguna de las rondas, aunque resultó recurrente la evaluación como “regular” en la interpretación de preguntas y en los conocimientos del tema. Esto probablemente tiene sentido puesto que están lidiando con temas que conocen, pero que no recuerdan perfectamente por lo que la puesta en palabras resulta dificultosa. De esta actividad surgió la necesidad de aclarar los alcances de las reglas en la presentación del juego, por ejemplo, se dio que arriesgaban de forma indirecta preguntando si era lo que pensaban. En esta primera experiencia se generó un clima bueno, dinámico y divertido para los participantes. La cantidad de asistentes fue la suficiente para generar dos salas de juego y esto sumó para que haya ambiente competitivo.

5.2. Experiencia con grupo de San Nicolás

Ya conociendo cómo explicar mejor las reglas y con la metodología clara, se hizo una segunda prueba piloto. En esta ocasión se utilizó una plataforma de reuniones más académica y sin relación directa con juegos [10]. Se hizo una ronda de prueba y luego se jugaron cuatro rondas, las cartas que aparecieron fueron “derivada”, “hardware”, “software”, “gas noble/inerte”, “límite” y “trabajo”.

5.2.1 Percepción de los moderadores

En esta instancia no se pudo hacer más de una sala debido a la cantidad de asistentes por lo que esta vez se tuvo un ambiente de menor competencia y mayor tranquilidad. Los moderadores utilizaron la misma plantilla que con el grupo de Rosario y allí se puede constatar nuevamente que no hay problemas serios en la dinámica, pero aún hay posibilidad de mejorar las reglas: se pudo notar que ante la imposibilidad de dar una respuesta más allá de “sí”, “no” y “tal vez”, el participante con la incógnita podía pensar en algo más específico o más general que lo que decía la tarjeta; también se presentó un problema cuando alguien contestaba de forma errónea. Como en los objetivos de la lúdica se incluye la comunicación eficaz de ideas y el trabajo en equipo, se considera agregar nuevas reglas o formas de subsanar este inconveniente, principalmente porque es una lúdica dirigida a los primeros años donde se tienen menos herramientas expresivas y un menor trayecto académico.

5.2.2 Percepción del juego

En esta experiencia se utilizaron los elementos de medición que se habían diseñado para instancias presenciales con el objetivo de que la actividad sea lo más cercana posible a la que se propone. Como instrumento para la recolección de opinión, se utilizó una encuesta semi-estructurada que se distribuyó al finalizar el juego y fue respondida por los cuatro participantes. En cada una de las preguntas se consideró una escala del uno al cinco para indicar la valoración de la respuesta. La categoría uno corresponde a la opción más desfavorable (o nivel bajo), mientras que la cinco a la más favorable (o nivel alto). El número impar de categorías permite considerar a la categoría tres como la opción neutra o indiferente (o nivel medio). Estas preguntas fueron en referencia al encuestado y su relación con los temas abordados, pero también hubo otras asociadas a la dinámica de la lúdica para saber si resultaba lenta o dinámica, tediosa o divertida y compleja o simple.

En la figura 4 se muestran los gráficos de barras correspondientes a las respuestas obtenidas. En cuanto a la pregunta 1 (1: Antes de comenzar este taller, ¿qué tanto recordaba de los temas tratados?) se puede observar que la mayor parte de los encuestados dice que tenía poco o bajo conocimiento previo (categorías 1 y 2), 25 % en la categoría 1 y 50 % en la categoría 2. En la siguiente pregunta (2: ¿Considera que el juego en el que acaba de participar le ayudó a recordar los temas tratados?) todos los encuestados contestaron de forma favorable, con un 75 % en la categoría 4 y un 25 % en la categoría 5 lo que se condice con lo respondido en la pregunta 3 (3: ¿Qué tan útil le parece que es un juego para repasar conocimientos de un tema específico?) donde hubo un 25 % de valoración positiva en categoría 4 y un 50 % que dio la mayor valoración con la categoría 5. En cuanto a la dinámica de la actividad, las instrucciones resultaron claras según la pregunta 4 (4: Las instrucciones del juego dadas al inicio de la actividad, ¿le resultaron claras y comprensibles?) que fue contestada por el 75 % en la máxima categoría y solo el 25 % le dio la categoría 2, de la misma manera resultó fructífera la relación con los integrantes del equipo (5: ¿Cómo considera que fue la interacción con los otros participantes de su equipo?) que no tuvo ninguna respuesta negativa. En el caso de la pregunta 6 (6: A partir de las cartas dadas ¿cómo le resultó la interpretación de las mismas?) surge que la mayoría las consideró dificultosas, a esto se lo atribuimos a lo que ocurrió al dirigirse de forma muy específica al tema o bien muy general. La última pregunta era sobre la valoración general del juego que fue positiva, a la mayoría le resultó divertido.

5.2.3 Medición de los beneficios del juego

Se realizó una evaluación con preguntas de verdadero y falso, y de opción múltiple de una única respuesta correcta o de más de una respuesta correcta. Los temas eran de diferentes materias básicas de la carrera de ingeniería.

Las primeras preguntas eran de Física I, una de verdadero y falso (1: La aceleración en caída libre es igual a cero) y fue contestada con un acierto del 75 %, luego se siguió con una pregunta de selección múltiple (2: La aceleración es una magnitud) que podía contestarse como “escalar”, “vectorial” o “espacial” y tuvo un 100 % de acierto y la última también de selección múltiple (3: ¿Qué se entiende por trabajo?) que también respondieron con un 100 % de acierto. Luego, se siguió con Química General, Informática, Análisis Matemático I y, finalmente, Álgebra y Geometría Analítica.

Como muestra la figura 5, de los temas repasados solamente un participante tuvo un error, luego respondieron a todas las preguntas correctamente, dando un promedio de 95 % de acierto; mientras que en los temas que no se repasaron hubo una mayor cantidad de errores: el promedio de acierto fue de 73 %.

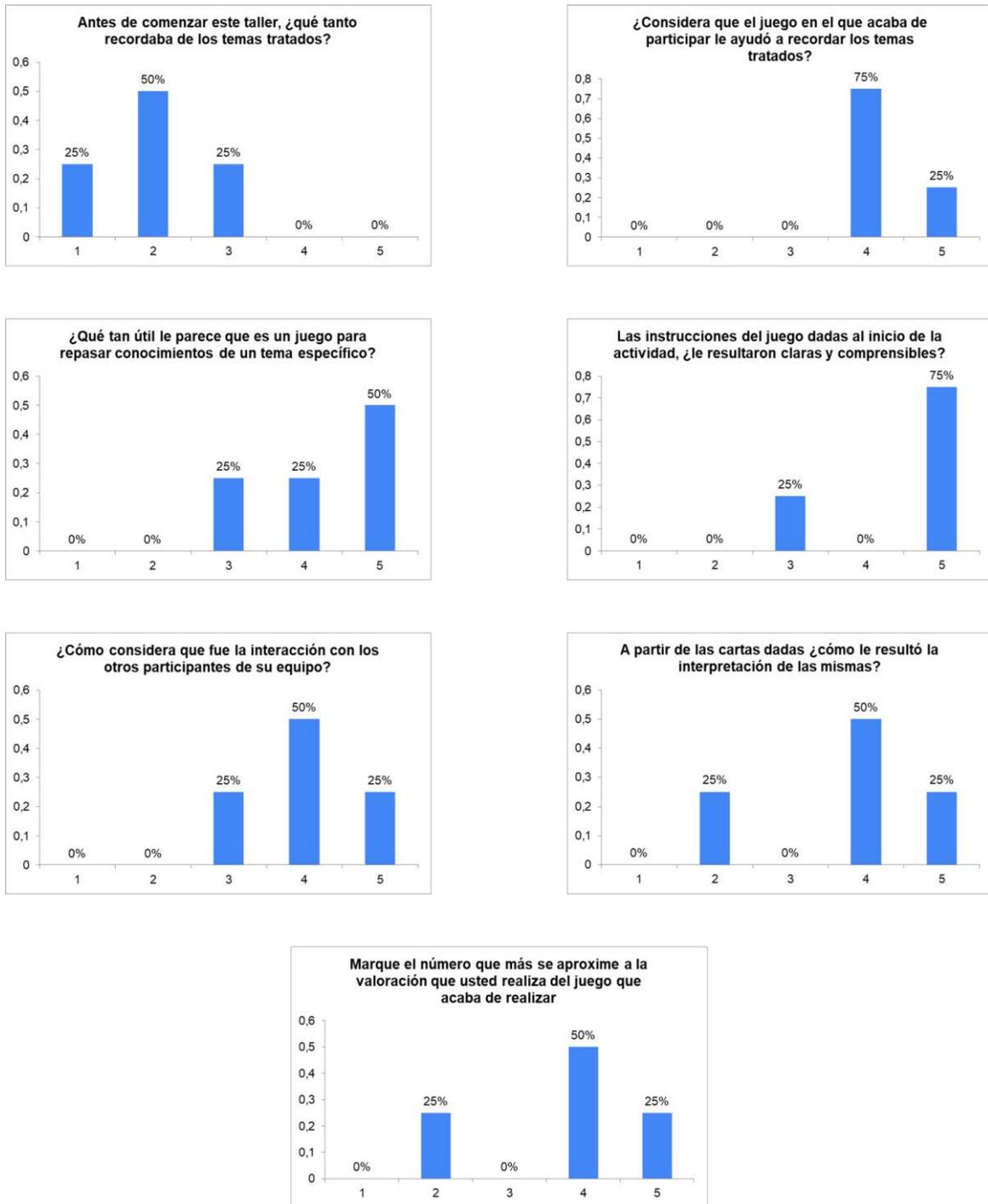


Figura 4: Resultados de la encuesta.

La alta tasa de errores de los temas no tratados tiene un correlato en las encuestas cuando los participantes dijeron que no recordaban los temas previamente, es decir, si no recordaban los temas tratados antes de jugar, tiene sustento que los temas con los que no se realizó la actividad tampoco se recuerden.

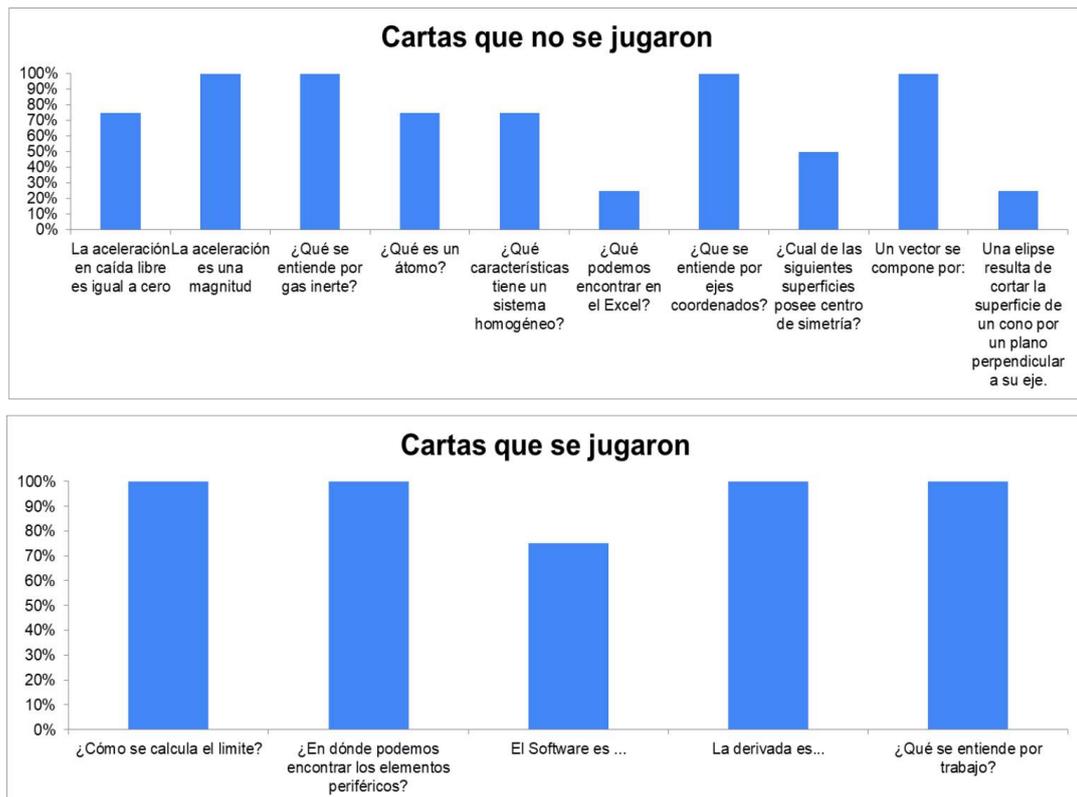


Figura 5: Resultados de la evaluación.

6. CONCLUSIONES.

Motivados a investigar los alcances de didácticas basadas en juegos serios, se desarrollaron los medios para adaptar un juego conocido con el objetivo de que se pueda volver sobre contenidos que ya se suponen aprehendidos y que son críticos para la continuidad pedagógica en el futuro.

Esta experiencia en la que se vuelven a debatir temas anteriores permite al estudiante verlos desde otra perspectiva, conociendo más en profundidad las materias, vinculando temas entres sí, en un recorrido formativo más sólido e integral. Esta actividad puede aplicarse a múltiples escenarios, siempre dependiendo de la adaptación de las cartas que los profesores de la asignatura en conjunto con el equipo de investigación puedan realizar.

Al cursar las materias iniciales, los estudiantes, junto al aprendizaje de saberes básicos, comienzan a desarrollar habilidades académicas para abordar las materias y transitar la carrera, de manera individual y en equipo. Las lúdicas basadas en juegos serios han mostrado ser promotoras de motivación y predisposición para con el aprendizaje académico, es por eso que se afrontó el desafío de verificar si pueden utilizarse como herramienta de repaso y, a la vez, como refuerzo de competencias blandas como trabajo en equipo, gestión del tiempo y comunicación eficiente, desde los primeros años, incluso en la circunstancia de no presencialidad donde más se pone de relieve la necesidad de vincularse con compañeros e interactuar por sobre el obstáculo de no compartir un mismo espacio físico. Tanto en los comentarios de coordinadores, como en la encuesta y en la evaluación de contenidos se obtuvieron resultados positivos en cuanto a la dinámica, los temas tratados y las habilidades que se practican. Al seguirse un proceso de preguntas que suceden de lo general a lo particular, el juego permitió la asociación de conceptos más allá de los que se presentaron como incógnitas. Esto es muy importante

para afianzar conceptos fundamentales, y se evidenció durante las corridas, que necesariamente tuvieron que recordar otros conceptos para llegar a resolver la incógnita.

La especificidad de las cartas o una forma diferente de orientar al participante incógnita quedan como tareas a seguir trabajando para la mejora continua del juego serio. La propuesta cumplió con los objetivos de las primeras pruebas, las siguientes corridas se deberán realizar en dicho ámbito y considerar los beneficios que pueda ver el docente a cargo del curso: su utilización previa a un parcial o un tema complejo, trabajar la educación en interdisciplinariedad, para reforzar temas, detectar falencias en lo aprendido, etc. y la retroalimentación que brindará desde su perspectiva de educador y especialista en los contenidos.

Las TIC investigadas y utilizadas colaboraron en un hacer lúdico ágil, dinámico en un clima de intercambio y necesidad del saber. Por lo tanto se espera poder probar el juego en forma virtual en una clase y también la adaptación a modalidad presencial, junto con las variantes propuestas en una materia determinada. Las plataformas en línea que se presentan de forma abierta hoy en día son adecuadas para los juegos serios, ya que permiten la segmentación en grupos, la figura de moderador y la presentación de los elementos lúdicos.

REFERENCIAS.

- [1] Jerzak N., Rebelo F. (2014) Serious Games and Heuristic Evaluation – The Cross-Comparison of Existing Heuristic Evaluation Methods for Games. In: Marcus A. (eds) Design, User Experience, and Usability. Theories, Methods, and Tools for Designing the User Experience. DUXU 2014. Lecture Notes in Computer Science, vol 8517. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-07668-3_44
- [2] Mon A., Del Giorgio H., Donadello B. (2014) “Análisis de estrategias didácticas no tradicionales en el dictado de asignaturas relacionadas con las TICs”. XVI Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación p. 330-334. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/41326>
- [3] Valentini J., Gallegos M. L., Moschini C., Matesín A., Cinalli M. (2018) “Enseñanza de costos de calidad combinando TIC y gamificación” XI Congreso de Ingeniería Industrial. Mendoza, Argentina.
- [4] Willging P. A., Astudillo G. J., Bast S., Occelli M., Castro L., Distel J. (2017) “Educación con Tecnologías: la Gamificación Aplicada para el Aprendizaje de la Programación” XIX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2017, ITBA, Buenos Aires) p. 1169-1173. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/62862>
- [5] Archuby F. H., Sanz C., Pesado P. (2019) “Análisis de la experiencia de utilización del juego serio Desafiate para la autoevaluación de los alumnos” XXV Congreso Argentino de Ciencias de la Computación (CACIC 2019, Universidad Nacional de Río Cuarto) p. 206-217. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/90465>
- [6] Sanchez Gomez M. (2007) Buenas Prácticas en la Creación de Serious Games (Objetos de Aprendizaje Reutilizables) V Simposio Pluridisciplinar sobre Diseño, Evaluación y Desarrollo de Contenidos Educativos Reutilizables, Bilbao España.
- [7] Moloneya J., Globaa A., Wanga R., Roetzela A. (2017) Serious games for integral sustainable design: Level 1 Procedia Engineering 180 (2017) 1744 – 1753
- [8] Genially web, S.L. (2020) Genially [Página Web]. Recuperado de app.genially.ly
- [9] Discord Inc. (2020) Discord [Programa]. Descargado de <https://discord.com/api/download?platform=win>
- [10] Microsoft Corporation (2020) Microsoft Teams [Programa]. Paquete Office 365.

Validación y aplicación de un procedimiento para determinar recursos tecnológicos estratégicos

Mantulak, Mario José

mmantulak@gmail.com

Yasinski, Sonia Ester

yasinskisonia@gmail.com

Universidad Nacional de Misiones (Argentina)

Fecha de recepción: 23/07/2020

Fecha de aprobación COINI: 30/09/2020

Fecha de aprobación RIII: 25/05/2021

RESUMEN

El diseño de un procedimiento debe realizarse en función del cumplimiento de unos requisitos establecidos según el propósito para el que es construido, y al elaborarlo subyace cierta inseguridad sobre la viabilidad de su aplicación. Es razonable suponer que durante su implementación, surjan inconvenientes y/o inconsistencias entre las acciones o actividades que componen el procedimiento. Por ello, las Redes de Petri (RdP) resultan muy útiles al modelar la sucesión de acciones y sus relaciones durante la ejecución de un procedimiento específico. El objetivo del trabajo es aportar evidencia empírica a favor de dichas redes de flujo de trabajo, a partir del modelado y ejecución de un procedimiento específico, y posterior implementación del mismo en una pequeña empresa de manufactura para la determinación de los recursos tecnológicos estratégicos. Para ello, mediante el software Workflow Petri net Designer (WoPeD) se modelan las tareas y las relaciones que componen el procedimiento, y se comprueba la factibilidad de ejecución plena de todas las acciones que lo componen, a partir de la disponibilidad de determinados recursos e información y del cumplimiento de los requisitos previstos en su diseño. Los resultados obtenidos a partir de las RdP han posibilitado validar el funcionamiento correcto y pleno de la herramienta diseñada, así como garantizado las condiciones necesarias y suficientes para ejecutarse en una cantidad de estados y acciones definidos, y con los recursos e información proyectados, lo cual ha sido comprobado a través de un análisis estructural y de robustez del software utilizado. Finalmente, el trabajo permitió la implementación del procedimiento en una pequeña empresa de aserrío, donde se evidenció su apropiada y pertinente utilidad para procesos que posibiliten la determinación de recursos tecnológicos estratégicos en el contexto de pequeñas empresas de manufactura.

Palabras Claves: Redes de Petri; Modelación y simulación, Recursos tecnológicos estratégicos; Pequeñas empresas; Manufactura.

Validation and application of a procedure to determine strategic technological resources

ABSTRACT

The design of a procedure must be carried out according to the fulfillment of established requirements according to the purpose for which it is built, and when elaborating it there is a certain uncertainty about the viability of its application. It is reasonable to assume that during its implementation, inconveniences and / or inconsistencies arise between the actions or activities that make up the procedure. For this reason, Petri nets (RdP) are very useful when modeling the succession of actions and their relationships during the execution of a specific procedure. The objective of the work is to provide empirical evidence in favor of these work flow networks, based on the modeling and execution of a specific procedure, and subsequent implementation of it in a small manufacturing company for the determination of strategic technological resources. To do this, using the Workflow Petri net Designer (WoPeD) software, the tasks and relationships that make up the procedure are modeled, and the feasibility of full execution of all the actions that compose it is checked, based on the availability of certain resources and information and compliance with the requirements foreseen in its design. The results obtained from the RoP have made it possible to validate the correct and full operation of the designed tool, as well as guaranteeing the necessary and sufficient conditions to be executed in a number of defined states and actions, and with the projected resources and information, which It has been verified through a structural and robustness analysis of the software used. Finally, the work allowed the implementation of the procedure in a small sawmill company, where its appropriate and relevant utility for processes that enable the determination of strategic technological resources in the context of small manufacturing companies was evidenced.

Keywords: Petri nets; Modeling and simulation, Strategic technological resources; Small companies; Manufacture.

Validação e aplicação de procedimento para determinação de recursos tecnológicos estratégicos

RESUMO

O desenho de um procedimento deve ser realizado com base no cumprimento dos requisitos estabelecidos de acordo com a finalidade para a qual foi construído, e ao elaborá-lo existe uma incerteza latente sobre a viabilidade de sua aplicação. É razoável supor que durante sua implementação surjam inconvenientes e / ou inconsistências entre as ações ou atividades que compõem o procedimento. Por este motivo, as redes de Petri (RdP) são muito úteis na modelagem da sucessão de ações e seus relacionamentos durante a execução de um procedimento específico. O objetivo do trabalho é fornecer evidências empíricas a favor dessas redes de workflows, a partir da modelagem e execução de um procedimento específico, e posterior implementação do mesmo em uma pequena empresa de manufatura para a determinação de recursos tecnológicos estratégicos. Para isso, através do software Workflow Petri net Designer (WoPeD), são modeladas as tarefas e relações que compõem o procedimento e verificada a viabilidade de execução integral de todas as ações que o compõem, com base na disponibilidade de determinados recursos e informação e cumprimento dos requisitos previstos na sua concepção. Os resultados obtidos com o RdP têm permitido validar o correto e pleno funcionamento da ferramenta desenhada, bem como garantir as condições necessárias e suficientes para ser executada nos diversos estados e ações definidos, e com os recursos e informações projetados. , que foi verificada através de uma análise estrutural e da robustez do software utilizado. Por fim, o trabalho permitiu a implementação do procedimento em uma pequena empresa de serraria, onde foi evidenciada sua adequada e pertinente utilidade para processos que possibilitem a determinação de recursos tecnológicos estratégicos no contexto de pequenas empresas manufatureiras.

Palavras chave: Redes de Petri; Modelagem e simulação, Recursos tecnológicos estratégicos; Pequenas empresas; Fabricação.

1. INTRODUCCIÓN

La adecuada gestión de los recursos tecnológicos por parte de la empresa implica la necesidad de potenciar las competencias tecnológicas y desarrollar capacidades organizacionales que posibiliten la utilización de conocimientos y experticias tecnológicas del personal para mejorar la eficacia de las máquinas y equipos con que trabajan.

Por general en el contexto de las pequeñas empresas los propietarios-gerentes que toman decisiones estratégicas basadas mayoritariamente en la intuición pragmática [1]. Por ello, es necesario que dichos propietarios-gerentes dispongan para la gestión de sus empresas de procedimientos que contribuyan a la implementación de prácticas habituales y sistemáticas que posibiliten analizar y evaluar sus recursos tecnológicos, en particular aquellos que resulten estratégicos para favorecer el mejoramiento del desempeño productivo de sus emprendimientos manufactureros.

Al trabajar en el diseño de nuevos procesos, ya sean de gestión o de producción, resulta útil poder realizar un examen o valoración antes que se concrete su aplicación (evaluación ex-ante), con la finalidad de verificar si las condiciones y los recursos proyectados garantizan una efectiva ejecución del proceso [2,3].

En que un proceso constituido a partir de pasos secuenciales consecutivos y sistemáticos, con inicio y final definidos, y la necesidad de un conjunto de recursos para su ejecución, constituyen una red de flujo de trabajo [4,5]. Una red de este tipo puede ser modelada a partir de las Redes de Petri (RdP), como una sucesión de estados durante la ejecución de un proceso metodológico, las cuales permiten además, evaluar la existencia de condiciones en las cuales los elementos intervinientes o sus relaciones pudieran conducir a estados que impidieran la ejecución del citado proceso.

De acuerdo con lo expuesto, se plantea como objetivo el diseño de un procedimiento para determinar los recursos tecnológicos estratégicos, modelado y ejecutado a partir de las RdP, y su posterior implementación en una pequeña empresa de manufactura.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

En base a herramientas y consideraciones prácticas enfocadas en la gestión de los recursos tecnológicos, se elabora un procedimiento metodológico pertinente de análisis estratégico de recursos tecnológicos aplicable a pequeñas empresas de manufactura [6]. A partir de ello, se diseña un método formal mediante la utilización del software Workflow Petri net Designer (WoPeD). Cada paso del procedimiento metodológico elaborado se ha modelado y ejecutado verificando ex-ante las condiciones de cumplimiento del proceso diseñado, mediante análisis desde el punto de vista estructural y funcional.

Las RdP representan un modelo formal y abstracto de flujo de información que posibilita el análisis de sistemas y/o procesos, puesto que permiten modelar su comportamiento y su estructura, llevándolo a condiciones límites, y que en condiciones reales pudieran ser difíciles de verificar [7]. Desde el punto de vista gráfico, las Redes de Petri constituyen un caso particular de grafo dirigido, ponderado y bipartito, compuesto por dos tipos de nodos: a) nodos tipo lugar (places), que pueden representar condiciones y recursos; b) nodos tipo transición (transitions), que pueden representar eventos, procesos o tareas, y que dependerán de las condiciones y recurso disponibles [8].

Los nodos están conectados a través de arcos dirigidos, cada uno de ellos puede tener un número que indica su peso, el cual determina la cantidad de marcas (tokens) que consume de un nodo tipo lugar o

deposita en un nodo tipo lugar, siempre y cuando se haya disparado una transición habilitada [9]. Los arcos dirigidos que no poseen un número asociado, por convención, consumen o depositan una sola marca.

Por otra parte, la representación de una RdP clásica es una quintupla (Magaña Orúe, 2006), expuesta en la expresión (1) [10].

$$\text{RdP} = (p, t, a, W, M_0) \quad (1)$$

Donde:

- p: $\{p_1, p_2, p_3, \dots, p_m\}$ conjunto finito y no vacío de nodos tipo lugar (places).
- t: $\{t_1, t_2, t_3, \dots, t_n\}$ conjunto finito y no vacío de nodos tipo transición (transitions).
- a: $\{a_1, a_2, a_3, \dots, a_n\}$ conjunto de arcos de la RdP.
- $W = a_j$: $\{1, 2, 3, \dots\}$ peso asociado a cada arco.
- $M_0 = m_k$: $\{1, 2, 3, \dots\}$ número de marcas (tokens) iniciales en nodos tipo lugar.

En la Figura 1 se representa una RdP básica, en la cual se aprecian los nodos tipo lugar y diversos nodos tipo transición conectados a través de arcos dirigidos.

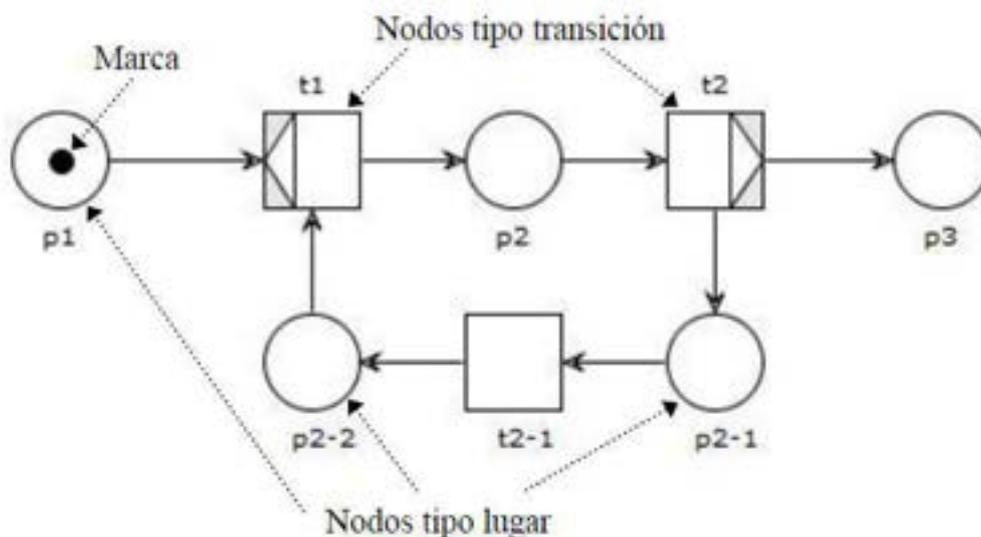


Figura 1. Representación gráfica de una RdP sencilla. Fuente: elaboración propia a partir de WoPeD

El diseño de flujos de trabajo organizativos requiere considerar detalles que recojan una abstracción de los procesos en un modelo, el cual abarca el enfoque de proceso (describe el control del flujo de las actividades), el enfoque de información (describe los datos que son utilizados), el enfoque de recursos (describe la estructura de la organización, recursos, roles y grupos), y el enfoque de actividades (describe el contenido de los pasos individuales de cada proceso) [11].

En este trabajo se utiliza para el modelado de redes de flujo de trabajo una modificación de las RdP, con un peso $W=1$ asociado a cada arco, puesto que se considera que todas las actividades tienen igual importancia, en que lo sustancial es preservar el orden de ejecución (a partir de un único estado inicial y un único estado final), y donde todos los componentes (nodos tipo lugar y nodos tipo transición) deben estar fuertemente conectados.

3. 3. RESULTADOS

3.1 Modelación y simulación del procedimiento

El procedimiento diseñado se indica en la Tabla 1, donde cada paso es caracterizado a partir de una serie de actividades. A través de las redes de flujo de trabajo derivadas de las RdP se procede al modelado y simulación del procedimiento con el propósito de verificar la viabilidad de ejecutarse con la información y los recursos explicitados a tal fin, y que posibilitan el debido cumplimiento de cada uno de sus pasos, bajo una configuración sistémica de todos los componentes que lo conforman.

Tabla 1. Pasos y caracterización del procedimiento propuesto

Pasos del procedimiento	Caracterización
1. Vinculación empresa-Institución tutora	Mediante convenio específico se plasma cabalmente el compromiso entre la empresa y la Universidad que evalúa. La institución evaluadora capacita previamente al empresario y capacita, y acuerda las condiciones para implementar el procedimiento
2. Evaluación de recursos tecnológicos	Se realiza un relevamiento de los recursos tecnológicos (tangibles e intangibles), y a partir de ello, se procede a su evaluación y valoración
3. Determinación de recursos tecnológicos estratégicos	Se verifican cuáles de los recursos tecnológicos (tangibles e intangibles) tienen un alta importancia en el funcionamiento de los procesos de producción, y a partir de ello, se determinan cuales resultan estratégicos para el mejoramiento y sostenimiento del desempeño productivo global
4. Análisis FODA-ORT	En este paso se asocian los recursos tecnológicos estratégicos con las fortalezas y debilidades de la empresa, y con las oportunidades y amenazas del entorno desde la perspectiva tecnológica, para lo cual se utiliza una matriz FODA-ORT (orientado a los recursos tecnológicos)
5. Determinación de líneas tecnológicas estratégicas	Se determinan las posibles líneas tecnológicas estratégicas en la pequeña empresa, con el propósito de llevar adelante una gestión de los recursos tecnológicos que contribuya a un mejor desempeño productivo.

El procedimiento propuesto, desagregado en sus componentes (pasos) y sus relaciones (el orden de ejecución de cada una de las tareas) debe ser posible de ejecutar en un tiempo finito, y como tal, debe contar con el análisis de las condiciones o estados en los cuales la validez, aplicación, factibilidad y capacidad de producir los resultados esperados puedan ser verificados, sin que se produzcan bloqueos en su ejecución. Para ello, se utiliza el software WoPeD, según se indica continuación:

Modelado de los pasos correspondientes al procedimiento propuesto, donde se establecieron los medios y recursos (unidades pasivas), los cuales fueron representados por nodos tipo lugar; asimismo, los eventos, acciones o sentencias (unidades activas) se representaron por nodos tipo transición. Los nodos tipo lugar y transición se encuentran unidos con arcos direccionados, que representan la secuencia, movimiento y causalidad definida en las tareas diseñadas.

Determinación de la condición inicial del procedimiento, definida por el marcado inicial M_0 .

Ejecución de las redes de flujo de trabajo y verificación de que el marcado final M_f (definido por la ejecución del último paso del procedimiento propuesto como estado final).

Ejecución mediante el software de las redes de diseñadas, comprobándose la factibilidad de alcanzar el marcado final M_f a partir del marcado inicial M_0 , por medio de una secuencia establecida de disparos de los nodos tipo transición que activaron los correspondientes nodos tipo lugar, vinculados por los correspondientes arcos direccionados.

En la figura 2 se presenta una vista completa del procedimiento que ha sido modelado, donde se pueden apreciar las diferentes actividades y acciones, que componen cada uno de sus pasos.

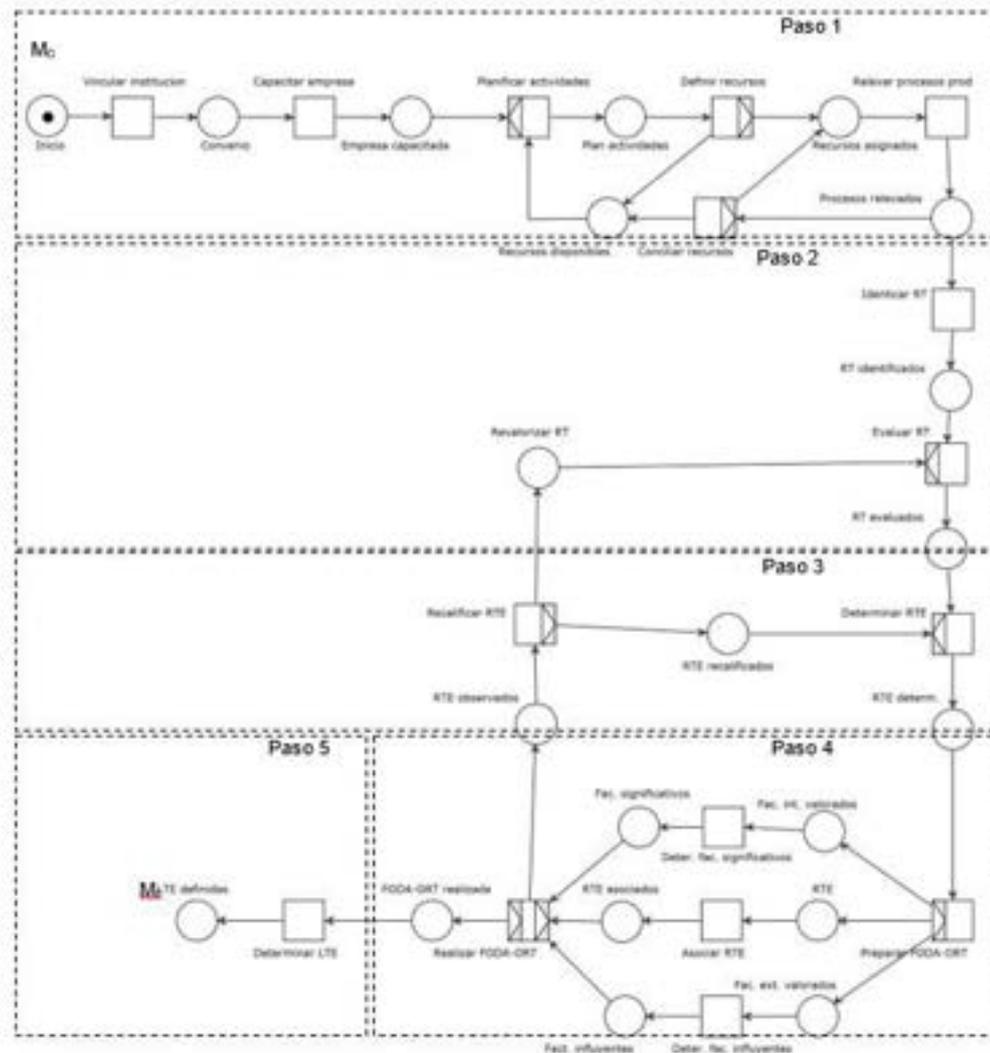


Figura 2. RdP para el procedimiento propuesto. Fuente: elaboración a partir de WoPeD

Se verificó el correcto funcionamiento de los diferentes pasos del procedimiento, luego se ejecutó la simulación y se comprobó que fuera posible alcanzar el mercado final M_f a partir del mercado inicial M_0 . Además, para verificar el correcto funcionamiento del procedimiento a partir del software utilizado, se realiza un análisis semántico de las Redes de Petri, el cual permite aportar información sobre la consistencia del procedimiento modelado, a partir de sus componentes y la robustez de las relaciones entre estos, además de verificar que no se produzcan condiciones que limiten (parcial o totalmente) su ejecución.

En la Tabla 2, a partir de un análisis semántico, se indican diferentes propiedades correspondientes a las redes de flujo de trabajo del procedimiento propuesto. En ella se observa con respecto al análisis de tipo estructural la inexistencia tanto de operadores de uso erróneo como de violaciones de libre elección, lo cual garantiza la ejecución de los diferentes pasos sin ningún tipo de condiciones o restricciones adicionales, y permite validar la consistencia lógica del procedimiento. Así como, el análisis de robustez determina que las redes diseñadas son acotadas (no existencia de lugares no acotados - unbounded) estableciendo que las condiciones y recursos son limitados al igual que en la práctica; además, la no presencia de transiciones “muertas” (dead transitions) y de transiciones “no vivas” (non-live transitions), verifica la propiedad de vivacidad de las redes construidas, y con ello se garantiza la inexistencia de bloqueos para su ejecución.

Tabla 2. Propiedades de las RdP aplicadas al procedimiento propuesto

Análisis cualitativo	Elementos utilizados	Cantidad
Estructural	Nodos tipo lugar	22
	Nodos tipo transición	16
	Operadores	8
	Subprocesos	0
	Arcos	43
	Operadores usados erróneamente	0
	Violaciones de libre elección	0
Robustez	Lugar inicial	01
	Lugar final	01
	Componentes conectados	37
	Componentes fuertemente conectados	37
	Lugares no acotados (unbounded)	0
	Transiciones muertas (dead transitions)	0
	Transiciones no vivas (non-live transitions)	0

El análisis semántico ha permitido establecer que los diferentes pasos del procedimiento, presentan condiciones de diseño adecuadas para su ejecución, siempre que se disponga de los recursos e información predeterminados. En función de ello, en la práctica, esto implica que no existen estados que estén sujetos a condicionamientos, o que, a su vez condicionen a otros. Además está garantizado el control del flujo de las actividades, de los vínculos requeridos para del pasaje de un estado a otro, de la estructura de la organización y sus recursos, y que con todo ello, se posibilita el normal cumplimiento de todos los pasos del proceso.

Las RdP constituyen una herramienta muy útil en el modelado de procesos organizativos y productivos, puesto que soportan una representación gráfica que facilita la visión y comprensión general del sistema (en nuestro caso el procedimiento modelado), y simultáneamente posibilitan un análisis formal en el establecimiento, verificación y validación del modelo construido [4]. Además, las RdP permiten reflejar gráficamente el conjunto de relaciones entre los eventos y condiciones que identifican un sistema, lo cual contribuye indefectiblemente a elevar la calidad del modelo de simulación, es decir, una mayor correspondencia entre modelo y sistema simulado, y en cierta forma se logra una maqueta gráfica del modelo que debe diseñarse posteriormente como programa de computacional de simulación de eventos discretos [12].

3.2 Aplicación del procedimiento a un pequeño aserradero

Paso 1: Vinculación empresa-Institución tutora

A partir de la firma de un convenio específico entre la Facultad de Ingeniería (UNaM) y la pequeña empresa de aserrío, se dispuso un especialista con propósito de instrumentar la aplicación procedimiento propuesto. Para llevar a cabo el análisis de recursos tecnológicos, se efectuaron reuniones con el empresario con el propósito de diagramar las acciones necesarias para el desarrollo de las actividades previstas.

Paso 2: Evaluación de los recursos tecnológicos

Primero se realizó la caracterización de los recursos tecnológicos que posee el pequeño aserradero, distinguiéndolos entre recursos tecnológicos tangibles e intangibles. La evaluación de los recursos tecnológicos se realizó luego de un análisis exhaustivo de las condiciones de operatividad del establecimiento.

Paso 3: Determinación de recursos tecnológicos estratégicos

Los recursos tecnológicos que fueron calificados como de Alta Importancia en la evaluación, fueron consignados como estratégicos. Como resultado de este análisis se pudo constatar que la mayoría de los recursos tecnológicos estratégicos tangibles e intangibles se encuentran en una condición entre Bien (B) y Regular (R) (Tabla 3).

Paso 4: Análisis FODA-ORT

Posteriormente se identificaron y evaluaron, los diversos factores internos del aserradero y los externos que ejercen su influencia sobre él. Con relación con los factores considerados de Alta Importancia, se establecieron a partir de las fortalezas y las debilidades identificadas, los correspondientes factores clave de la organización (Cuadro 1), y como consecuencia de las oportunidades y amenazas, los correspondientes factores influyentes del entorno (Cuadro 2).

Tabla 3. Evaluación de los recursos tecnológicos estratégicos del pequeño aserradero, y su condición

Recursos Tecnológicos Estratégicos (tangibles) - RTETi		Evaluación				
		E (5)	MB (4)	B (3)	R (2)	M (1)
RTET1	Carro principal			X		
RTET2	Astilladora				X	
RTET3	Sistema de baño anti-hongos			X		
RTET4	Machimbradora-moldurera			X		
RTET5	Sala de herramientas			X		
RTET6	Sala de afilado			X		
RTET7	Equipos y máquinas de transporte interno				X	
RTET8	Máquinas de carga y descarga de productos		X			
RTET9	Sistema de almacenamiento de productos				X	
RTET10	Inventario de herramientas y repuestos			X		
Recursos Tecnológicos Estratégicos (intangibles) - RTIi		Evaluación				
		E (5)	MB (4)	B (3)	R (2)	M (1)
RTEIO1	Conocimientos y habilidades individuales y colectivas			X		
RTEIO2	Rutinas organizacionales				X	
RTEIO3	Comunicación interna			X		
RTEIT1	Dominio de tecnologías específicas		X			
RTEIT2	Experticias específicas en los procesos productivos			X		

Cuadro 1. Factores clave de la organización

Factores clave de la organización		
Fortalezas	FCF1	Venta directa al mercado interno
	FCF2	Control de calidad de productos terminados
	FCF3	Buena reputación con los clientes
	FCF4	Productos de buena calidad
	FCF5	Trato directo con los clientes
Debilidades	FCD1	Deficiencias en condiciones de higiene y seguridad en el trabajo
	FCD2	Inconvenientes en organización de rutinas de trabajo
	FCD3	Escasa vinculación con instituciones madereras que realizan asesoramiento en materia de producción, calidad, y otros aspectos
	FCD4	Problemas ocasionados por la utilización de materia prima de calidad regular
	FCD5	Generación de grandes cantidades de residuos de madera
	FCD6	Generación de barros tóxicos en el baño fungicida

Cuadro 2. Factores influyentes del entorno

Factores influyentes del entorno		
Oportunidades	FIO1	Posibilidad de asociación con otros aserraderos
	FIO2	Mayores oportunidades para productos que posean requisitos de calidad
	FIO3	Nuevo acceso pavimentado a ruta provincial N° 5
	FIO4	Posibilidades de apertura de nuevas redes de venta
	FIO5	Posibilidades de acceder a instrumentos de promoción nacionales para PyMEs
	FIO6	Acceso a Internet
Amenazas	FIA1	Tarifa de energía eléctrica elevada
	FIA2	Difícil acceso a nuevas tecnologías para los procesos productivos
	FIA3	Falta de crédito para capital de trabajo
	FIA4	Incremento en el cobro de impuestos provinciales a la industria
	FIA5	Limitaciones para acceso a materia prima
	FIA6	Falta de políticas nacionales y provinciales para la foresto-industria
	FIA7	Competidores del sector

Finalmente, y a partir de las relaciones existentes entre los recursos tecnológicos estratégicos, los factores clave del pequeño aserradero y los factores influyentes del entorno; se construyó la matriz FODA-ORT (Figura 3), y en función de ella las diferentes vinculaciones entre:

a) Recursos tecnológicos estratégicos (RTE) y factores clave de la organización:

- RTE-Fortalezas: carro principal, machimbradora-moldurera, sector de afilado, sistema de almacenamiento de productos, rutinas organizacionales, comunicación interna y experticias en procesos productivos asociadas a la caracterización de sus productos.
- RTE-Debilidades: carro principal, astilladora, espacio de afilado de hojas de corte, rutinas organizacionales, comunicación interna asociadas a deficiencias en condiciones de higiene y seguridad en el trabajo e inconvenientes en organización de rutinas de trabajo.

b) Recursos tecnológicos estratégicos (RTE) y factores influyentes del entorno:

- RTE-Oportunidades: carro principal, machimbradora-moldurera, astilladora, equipos y máquinas de transporte interno, dominio de tecnologías específicas y experticias específicas en los procesos productivos asociados a mayores oportunidades para productos que satisfagan los requisitos de calidad del mercado, posibilidades de apertura de nuevas redes de venta y posibilidades de acceder a instrumentos de promoción nacionales y provinciales para el mejoramiento de empresas PyMEs.
- RTE-Amenazas: máquinas y equipos de procesos productivos, rutinas organizacionales y comunicación interna asociados a difícil acceso para nuevas tecnologías para los procesos productivos, falta de políticas nacionales y provinciales para la foresto-industria y competencia con otros pequeños aserraderos del territorio.

R T E	Factores clave de la organización											Factores influyentes del entorno													
	Fortalezas					Debilidades						Oportunidades						Amenazas							
	FCF1	FCF2	FCF3	FCF4	FCF5	FC D1	FC D2	FC D3	FC D4	FC D5	FC D6	FIO1	FIO2	FIO3	FIO4	FIO5	FIO6	FIA1	FIA2	FIA3	FIA4	FIA5	FIA6	FIA7	
Tangibles	RTET1	X	X		X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X		X	X			X	X	X	
	RTET2	X					X	X		X	X				X	X	X		X	X				X	X
	RTET3		X	X	X			X				X			X		X								
	RTET4	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X	X	X		X	X			X		X
	RTET5		X		X									X				X		X					X
	RTET6		X	X	X		X	X						X			X		X	X				X	X
	RTET7	X					X	X					X						X	X				X	X
	RTET8						X			X			X	X		X	X		X	X				X	X
	RTET9	X	X		X			X	X	X													X	X	X
	RTET10		X		X												X								
Intangibles	RTEIO1		X		X								X											X	
	RTEIO2		X		X	X	X	X	X	X	X		X		X			X				X		X	
	RTEIO3		X		X	X		X				X	X		X							X		X	
	RTEIT1		X	X	X		X						X			X								X	
	RTEIT2		X	X	X		X	X	X		X		X		X	X									X

Figura 3. Matriz FODA-ORT del aserradero

Paso 5: Determinación de líneas tecnológicas estratégicas

A partir lo desarrollado en los pasos anteriores, el especialista sugirió un conjunto de posibles líneas tecnológicas estratégicas que el pequeño aserradero podría implementar con el propósito de enfocarse en una gestión de la tecnología exitosa, que contribuya a un mejoramiento del desempeño productivo del emprendimiento, como ser:

- Implementación de un plan tecnológico destinado al fortalecimiento de la gestión tecnológica e innovación.
- Modificación y/o adaptación de recursos tecnológicos que permitan flexibilizar la producción para una mayor diversificación de productos manufacturados.
- Implementación de actividades de capacitación destinadas a la operación y mantenimiento de máquinas, equipos y herramientas con el propósito de fortalecer el control de calidad de productos.

La aplicación del procedimiento para determinar los recursos tecnológicos estratégicos en el pequeño aserradero permitió en primera instancia poner en valor el patrimonio tecnológico disponible en la empresa, a través de la identificación de los recursos tecnológicos (tangibles e intangibles), y posteriormente la determinación de cuáles resultan estratégicos para su desarrollo tecnológico. A partir de ello, la aplicación de la matriz FODA-ORT posibilitó un análisis integrado de la empresa mediante la relación de los recursos tecnológicos estratégicos y los factores clave, así como la caracterización de su entorno económico y social a través de los factores influyentes. Ello, permitió finalmente la

determinación de las líneas tecnológicas estratégicas como sustento para el diseño de estrategias de desarrollo del pequeño aserradero.

6. CONCLUSIONES

Se diseñó una metodología para la determinación de recursos tecnológicos estratégicos en pequeñas empresas de manufactura, a través de la utilización de redes de flujo de trabajo derivadas de las Redes de Petri.

Se comprobó ex-ante el adecuado diseño de las tareas que componen todos los pasos del proceso metodológico, a través de la utilización del software WoPeD con lo cual se verificó su consistencia lógica y funcionalidad sin impedimentos estructurales (obstáculos o limitaciones).

El procedimiento elaborado constituye un instrumento metodológico sencillo y pertinente para la determinación de recursos tecnológicos estratégicos en las pequeñas empresas de manufactura, por cuanto permite visualizar de manera integral la relación existente entre sus recursos tecnológicos, los diversos aspectos y componentes de la organización, y la vinculación con su entorno, y constituye de manera sistémica un importante insumo para el desarrollo de líneas tecnológicas estratégicas en este tipo de emprendimientos.

La aplicación del procedimiento desarrollado a una pequeña empresa de manufactura permitió viabilizar y conjugar los conceptos teóricos con la cotidianeidad y practicidad del emprendimiento, a partir de la identificación y valoración fáctica de los recursos tecnológicos tangibles e intangibles, y se constituyó en un instrumento que contribuye a la toma de decisiones estratégicas por parte del empresario/dueño del emprendimiento.

REFERENCIAS.

- [1] Ennis, S. (1998). "Marketing planning in the smaller evolving firm: empirical evidence and reflections". *Irish Marketing Review*, Vol. 11, N° 2, pp. 49-61. Dublin Institute of Technology, Ireland.
- [2] Espinoza, A. y Peroni, A. (2000). "Metodología de evaluación ex ante de Programas Sociales". Serie: Material de Apoyo a la Planificación Social, Documento de Trabajo N° 4. Departamento de Evaluación, División Social, Ministerio de Planificación y Cooperación de Chile, Santiago, Chile.
- [3] Vega-de la Cruz, L. O.; Lao-León, Y. O.; Marrero-Delgado, F.; Pérez-Pravia, M. C. (2020). "Redes de Petri: una herramienta para la validación de procedimiento". *Ciencias Holguín*, Vol. N° 2, pp. 1-16. Holguín, Cuba.
- [4] Lozada, M. y Velasco, J. M. (2010). "Modelado dinámico basado en redes de Petri para el modelo de integración empresarial actor de empresa". *Scientia et Technica*, Vol. 16, N° 44, pp. 140-145. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.
- [5] Zanek, F. (2019). Desarrollo de un enfoque de trabajo para el Análisis y Diseño de Sistemas Discretos y Dinámicos-Aplicación a la Simulación de la demanda eléctrica de la ciudad de Salta. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de La Plata, Argentina.
- [6] Mantulak, M. J. (2014). Gestión estratégica de los recursos tecnológicos en pequeños aserraderos de la provincia de Misiones, Argentina. Tesis de Doctorado. Universidad Central de Las Villas, Santa Clara, Cuba.
- [7] Castellanos, C. (2006). "Consideraciones para el modelado de sistemas mediante Redes de Petri". *Ciencia e Ingeniería*, Vol. 27, N° 2, pp. 49-58. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- [8] Guasch, A.; Piera, M. A.; Casanovas, J. y Figueras, J. (2003). Modelado y Simulación: Aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios. Universidad Politécnica de Cataluña, Barcelona, España.
- [9] Murillo, L. D. (2008). "Redes de Petri: modelado e implementación de algoritmos para autómatas programables". *Tecnología en Marcha*, Vol. 21, N° 4, pp. 102-125. Tecnológico de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- [10] Magaña Orúe, S. (2009). Estudio comparativo de lenguajes de modelado de procesos de negocio para su integración en procesos de desarrollo de software dirigido por modelos. Tesis de final de carrera, Universidad Carlos III, Madrid, España.
- [11] Solana González, P; Pérez González, D. y Alonso Martínez, M. (2007). "El proceso de evaluación y gestión de la experiencia operativa en la industria: análisis en el sector nuclear español". *Boletín de estudios económicos*, Vol. 62, N° 191, pp. 303-319. Bilbao, España.
- [12] Huayna D., A. M.; Cortez Vásquez, A. y Vega Huerta, H. (2009). "Aplicación de las redes de Petri a la simulación discreta de sistemas". *Revista de investigación de Sistemas e Informática*, Vol. 6, N° 2, pp. 35-44. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Evaluación de la impresión 3D como método alternativo en la producción de piezas de reguladores de gas

Gutierrez, Julieta

jugutierrez@itba.edu.ar

Lucioni, Juan Ignacio

jlucioni@itba.edu.ar

Juárez, María del Pilar

mjuarez@itba.edu.ar

Eliggi, Gianfranco

geliggi@itba.edu.ar

Posadas de la Piedra, Santiago

sposadas@itba.edu.ar

Instituto Tecnológico de Buenos Aires – ITBA (Argentina).

Fecha de recepción: 14/07/2020

Fecha de aprobación COINI: 08/10/2020

Fecha de aprobación RIII: 19/06/2021

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es el estudio de métodos alternativos en la producción de algunos componentes de ciertos reguladores industriales de gas, y el posterior análisis técnico de su viabilidad y rentabilidad. En particular, se estudia la impresión 3D como método de manufactura aditiva como alternativa no convencional para la fabricación de estas piezas teniendo en cuenta el diseño, las máquinas y materiales poliméricos a utilizar. En primer lugar, se determinaron los criterios de selección de materiales y los ensayos requeridos para caracterizar sus propiedades mecánicas. Adicionalmente, se evaluaron métodos de impresión y de post procesamiento para asegurar que la pieza fabricada por impresión 3D soportará los esfuerzos combinados a los que se encuentra sometida en operación normal, manteniendo las propiedades de rugosidad y hermeticidad necesarias para su correcto funcionamiento. En una segunda etapa se analiza la implementación de este cambio en el proceso productivo de la fabricación de los reguladores, considerando cuestiones operativas y logísticas, como así también económicas, con el fin de determinar la factibilidad y los beneficios que otorga dicha modificación e inclusive la posibilidad de extender la utilización de esta metodología de fabricación a otras industrias.

Palabras Claves: reguladores de gas; impresión 3D; esfuerzos combinados; materiales poliméricos; ensayo de materiales.

Evaluation of 3D printing as an alternative method in the production of gas regulator parts

ABSTRACT

The aim of this research is to study alternative manufacturing processes for certain components of industrial gas regulators including a feasibility and rentability analysis. In particular, additive manufacturing will be studied as a non-conventional substitute to traditional component manufacturing, taking into account the component's design, the apparatus and polymeric materials to be used. Firstly, materials selection criteria and characterization tests were determined. Additionally, evaluation of 3D printing methodologies and postproduction processes were conducted to assure that the 3D printed component will withstand the combined loads at which it will be exposed during normal operation. Also, the surface roughness requirements were considered when analyzing the material and the 3D printing method. In second place, an analysis of the impact of this change in the productive line and the gas regulator production will be conducted. Operative, logistic and economic issues will be contemplated to determine the feasibility and benefits of the modification of the process and the implementation of additive manufacturing in other industries.

Keywords: gas regulators; 3D printing; combined forces; polymeric materials; materials testing

Avaliação da impressão 3D como método alternativo na produção de peças reguladoras de gás

RESUMO

O objetivo desta pesquisa é o estudo de métodos alternativos na produção de alguns componentes de determinados reguladores de gases industriais, seguida da análise técnica de viabilidade e rentabilidade. Em particular, o estudo da impressão 3D como um método de manufatura aditiva se dá como uma alternativa não convencional para a fabricação dessas peças, levando em consideração seu design, as máquinas e os materiais poliméricos a serem utilizados. Primeiramente, foram determinados os critérios de seleção dos materiais e os testes necessários para caracterizar suas propriedades mecânicas. Além disso, métodos de impressão e pós-processamento foram avaliados para garantir que a peça fabricada por impressão 3D resista às tensões combinadas as quais é submetida em operação normal, mantendo as propriedades de rugosidade e estanqueidade necessárias para seu funcionamento correto.

Numa segunda fase, analisa-se a implementação desta alteração no processo produtivo da fabricação dos reguladores, considerando questões tanto operacionais e logísticas quanto econômicas, a fim de determinar a viabilidade e os benefícios conferidos pela referida modificação e a possibilidade de estender o uso desta metodologia de fabricação para outras indústrias.

Palavras chave: reguladores de gás; impressão 3D; forças combinadas; materiais poliméricos; teste de materiais

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo del trabajo de investigación es el estudio de métodos alternativos de producción en la industria de los reguladores de gas, realizando un particular enfoque en la manufactura aditiva. Se estudiará la viabilidad de reemplazar métodos de fabricación convencionales de piezas de un regulador de gas por impresión 3D, y su impacto en la productividad, costos y funcionamiento.

Durante los últimos años, el desarrollo de la industria y la tecnología han dado lugar al crecimiento exponencial de la impresión 3D como técnica de manufactura, la cual antes se consideraba una tecnología sin futuro, y en contrapartida, actualmente representa una tecnología con potencial infinito. Según el informe Spending Guide de impresión 3D semestral mundial de International Data Corporation (IDC), el gasto global en impresión en 3D (incluyendo hardware, materiales, software y servicios) fue de 13,8 miles de millones de dólares en 2019, un aumento del 21,2% con respecto a 2018 [1]. Para 2022, IDC espera que el gasto mundial sea de casi 22.700 millones de dólares, con una tasa de crecimiento compuesto anual (CAGR) del 19,1% a cinco años.

A lo largo de los últimos años, las impresoras han dejado de ser equipos muy sofisticados de gran tamaño y costo, y han devenido en herramientas considerablemente más accesibles tanto para la industria como para usuarios particulares, por lo que comenzaron a utilizarse para el prototipado de piezas a nivel industrial. La impresión 3D permite generar modelos CAD (o diseño asistido por computadora) de las piezas, y obtener un primer modelo a escala, o prototipo en tan solo unas horas, para luego evaluar el diseño y poder realizar las iteraciones necesarias hasta llegar al producto final [2]. Por otra parte, y debido a la reducción de costos, muchas industrias también implementan la impresión 3D en su línea productiva, especialmente para producir piezas pequeñas con morfología compleja y que de otro modo supondría un gran costo de producción [2].

Actualmente, la industria busca incrementar el uso de esta tecnología en sus procesos con el fin de reducir costos y aumentar la versatilidad de la producción. Estas características de la manufactura aditiva forman parte de "la tercera revolución industrial" [3]. Esta revolución industrial está basada en la personalización masiva ya que ahora tanto una persona en un garaje como un lugar remoto en el mundo puede diseñar e imprimir una pieza o herramienta necesaria sin tener que pagar costos altos o esperar a que lleguen desde otras partes del mundo. Aún más, la manufactura aditiva está generando cambios lentos pero sostenidos en la geografía del Supply Chain [3]. Son estas las razones que llevan a la presente investigación del uso de manufactura aditiva a la búsqueda de soluciones de problemáticas relacionadas.

Debido a que la impresión 3D es una tecnología relativamente nueva, resulta muy importante el estudio de experiencias pasadas para poder partir de una base de información sobre las tecnologías disponibles, los materiales a utilizar, los métodos de impresión, las resistencias de los materiales, entre otros.

El desarrollo de este trabajo se basa en la búsqueda bibliográfica para recolectar información pertinente a la impresión 3D y experiencias previas del uso de esta tecnología en la producción de piezas de relevancia en el ámbito industrial. Primero se hizo un análisis de las distintas tecnologías disponibles de manufactura aditiva disponibles y sus ventajas y desventajas. Luego se realizó un estudio de los distintos materiales que se pueden utilizar con cada tecnología. Al hacer esto, se pudo formar un concepto referente a las propiedades que tendrán las piezas impresas con cada una de las tecnologías.

También se analizaron las propiedades anisotrópicas de la manufactura aditiva ya que ejercen una gran influencia sobre la morfología de la pieza. Una vez realizado el estudio relacionado a la manufactura aditiva, se hizo foco en el diseño de un estudio estadístico y control de calidad para analizar la pieza postproducción y estudiar la viabilidad de su incorporación a la línea productiva.

Este trabajo se centra en la evaluación del reemplazo de una pieza de un regulador de gas. Esta pieza forma parte del mecanismo de apertura del obturador del regulador. De esta forma, esta pieza es crucial para el funcionamiento del regulador. En la Figura 1 se muestra la pieza en cuestión.

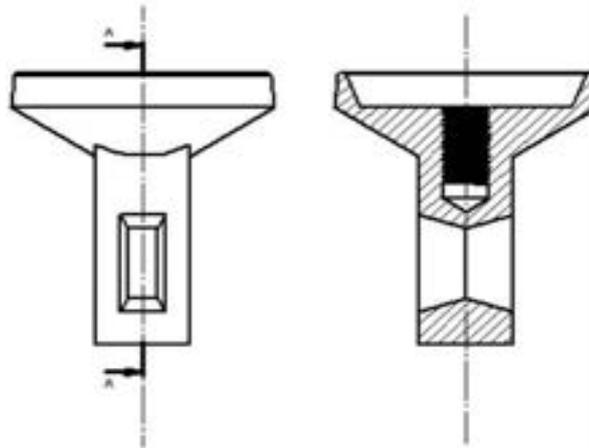


Figura 1 Vista frontal y corte de la pieza que forma parte del obturador del regulador de gas.

La pieza tiene 50 mm de alto de los cuales 35 mm son el cuerpo y 15,5 mm la corona. El cuerpo tiene una base de 16x16 mm y el diámetro de la corona es de 45 mm. En el orificio del cuerpo se encaja una palanca que abre y cierra el obturador. Además, tiene un tornillo enroscado en la corona y el borde superior está apoyado contra el diafragma del regulador (ver Figura 2).

La pieza debe ser capaz de resistir esfuerzos de tracción, compresión contra la palanca, corte en la rosca y esfuerzos de fatiga. Esto significa que deben tenerse en cuenta varios aspectos de la impresión, y no sólo las limitaciones del reemplazo del material sino también las que conllevan la fabricación de una pieza mediante manufactura aditiva.

Tras la finalización del estudio bibliográfico, se procede a hacer un análisis de la pieza de interés, donde se buscará aplicar el conocimiento bibliográfico adquirido. De esta manera se parte de una base teórica de los factores a tener en cuenta en el diseño de la pieza, los ensayos a realizar y las posibles tecnologías, materiales y técnicas de impresión que se pueden aplicar a la problemática.

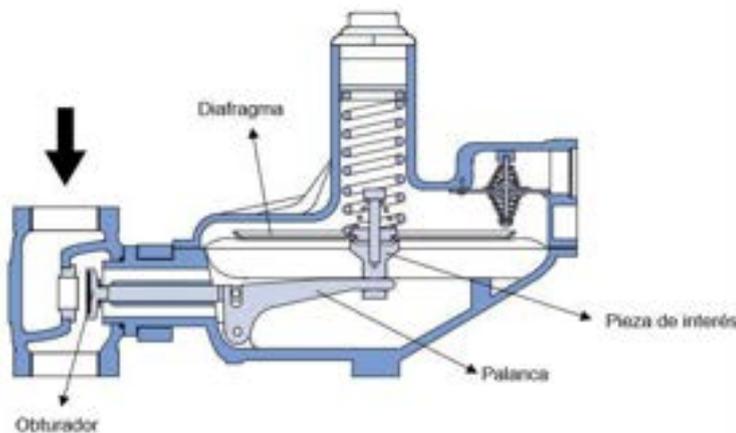


Figura 2 Diagrama de regulador de gas industrial.

2. ANÁLISIS COMPARATIVO DE TECNOLOGÍAS DE MANUFACTURA ADITIVA: FDM Y POLYJET

La fabricación aditiva es una herramienta que engloba todas las tecnologías de impresión 3D y hace alusión a la técnica de producción que consiste en el aporte de material por capas. Este método permite crear piezas tridimensionales a partir de un archivo digital trabajado con un software correspondiente.

Sin embargo, hay una gran variedad de tecnologías cuyo fin es compartido pero que difieren en las características finales de la pieza, procesos y reprocesos, costo, entre otras variables. Todas ellas presentan ventajas y desventajas y deberán ser elegidas con criterio en función de las restricciones o necesidades de la pieza a producir. En esta sección, se analizan dos tipos de técnicas de impresión 3D: Fused Deposition Modeling (FDM) y Polyjet.

Por un lado, FDM permite confeccionar piezas tridimensionales mediante la fusión y avance de filamento a través de un cabezal de extrusión, siguiendo las especificaciones del software. Se pueden identificar 3 etapas básicas: el pre-procesado o "slicing", la impresión en capas y el post proceso para la eliminación de material. Algunos de los aspectos que caracterizan esta tecnología son la repetitividad, el uso de polímeros termoplásticos, el bajo costo, la duración y funcionamiento de la pieza a largo plazo. Es decir, esta tecnología apunta a un alto grado de funcionamiento y rendimiento de la pieza.

Por otro lado, la tecnología Polyjet se encuentra orientada a la manufactura de piezas con un buen acabado superficial y precisión, otorgando la posibilidad de crear prototipos complejos, estéticos y delicados. La tecnología PolyJet consiste en la pulverización de materiales fotopoliméricos (materiales sensibles a una luz de determinada longitud de onda) en capas extremadamente delgadas, sobre una plataforma de construcción.

Cada capa del polímero se cura inmediatamente cuando se pulveriza con luz ultravioleta, y permite generar productos totalmente curados que pueden ser utilizados inmediatamente, entonces no se necesitan etapas posteriores de curado. El material de apoyo es similar a un gel que permite la construcción de geometrías complejas y tras la finalización de la impresión, es retirada con una mezcla de agua y soda cáustica.

A pesar de las enormes ventajas aparejadas por esta última, muchas industrias como la aeronáutica, arquitectura y automotriz optan por la tecnología FDM debido a que su costo es menor y porque permite utilizar una amplia gama de materiales ingenieriles tales como el ABS, ASA (acrilonitrilo-estireno-acrilato-nitrilo), PC (policarbonato), Nylon con fibra de carbono, ULTEM y PEEK entre otros. En particular, las necesidades de la pieza del regulador de gas que se propone estudiar se ajustan mejor a las ventajas otorgadas por FDM. Es por estas razones que se estudiará la manufactura aditiva a partir de esta tecnología.

Principalmente, los factores que se deben tener en cuenta son los siguientes:

- **Propiedades de las impresoras:** El equipo a utilizar para producir la pieza en cuestión delimitará cuales son los materiales con los que se podrá trabajar, la precisión de la impresión, tiempos de producción, volumen máximo de impresión, capacidad de personalización del proceso de impresión, costo y otras cuestiones fundamentales para la investigación. Es importante marcar la diferencia entre los equipos considerados hobbistas o de uso doméstico y los equipos profesionales. Las impresoras pertenecientes al segundo grupo realizan el proceso de impresión en cámaras cerradas con temperatura controlada dentro de las mismas esto es necesario debido a que el tamaño de las impresiones que se pueden realizar es mucho mayor que las del rubro hobbista y son capaces funcionar varios días de forma ininterrumpida. Otra diferencia crucial es que emplean materiales y softwares propios lo que les permite garantizar

tolerancias dimensionales y propiedades mecánicas de las piezas producidas de fábrica mientras que las impresoras domésticas son compatibles con materiales de distintos proveedores y software de código abierto. El resultado en las cuestiones previamente mencionadas para las piezas producidas depende fuertemente del conocimiento de la persona que hace uso de las mismas.

- **Diseño de la pieza:** Se puede aprovechar la manufactura aditiva a la hora de analizar el diseño de la pieza dado que empleando este método de fabricación se pueden obtener morfologías complejas imposibles de obtener con los métodos de fabricación más tradicionales. Se puede optimizar el diseño para mejorar las propiedades mecánicas.
- **Ensayos a realizar:** Los ensayos de laboratorio contemplados en este trabajo incluyen ensayos de tracción en probetas orientadas a 0°, 45° y 90° respecto de la dirección de aplicación de la carga uniaxial de tracción, y la caracterización de la superficie de fractura con microscopía electrónica de barrido. Adicionalmente, se puede complementar el estudio mediante simulaciones por elementos finitos con software como CATIA y ANSYS.
- **Material polimérico a ser utilizado:** Se realizaron comparaciones de las propiedades de los materiales termoplásticos ABS (acrilonitrilo butadieno estireno), PEEK (polieteretercetona) y ULTEM (polieterimida) respecto de las propiedades del material de la pieza original (aleación de aluminio).
- **Dirección de impresión:** se puede ir variando, dependiendo de las solicitaciones de la pieza y afecta significativamente las propiedades. En una primera instancia se utilizan las orientaciones de impresión a 0°, 45° y 90°.
- **Temperatura de boquilla y mesada:** Para el ABS la temperatura de boquilla se encuentra entre 220°C a 240°C y la temperatura de mesada a utilizar es de 100°C a 110°C, para el ULTEM la temperatura de la boquilla debe ser de entre 370°C y 390°C y se la temperatura de la mesada (se utiliza una lámina de polieterimida (PEI) sobre la misma para mejorar la adhesión) debe ser de entre 120°C y 160°C, por último para utilizar PEEK como material de impresión la temperatura de la mesada es similar a la del ULTEM pero la temperatura de la boquilla puede alcanzar valores más altos partiendo de los 360°C hasta 450°C.
- **Velocidad de extrusión:** la misma será fundamental en el acabado y precisión. Para definir una velocidad óptima es clave tener en cuenta que se debe mantener un flujo material controlado para no generar variaciones de temperatura en la boquilla y también se presentan las limitaciones mecánicas y electrónicas en función de los componentes de los que esté compuesta la impresora.
- **Color del filamento:** puede repercutir en las propiedades del material significativamente, esto se debe a que los distintos pigmentos afectan las propiedades del material en estado puro.

3. ANÁLISIS MECÁNICO DE LA PIEZA Y DISEÑO CAD.

El software que se decidió utilizar para llevar a cabo el modelado de los componentes mencionados fue Catia V5 de la firma Dassault Systèmes™ y dentro del mismo se llevó a cabo el diseño paramétrico de la pieza utilizando principalmente el módulo Part Design.

En un comienzo se modeló la pieza actualmente empleada para el funcionamiento del regulador de gas y luego se realizó el modelado de posibles reemplazos manteniendo en el diseño aquellos parámetros definidos como puntos duros para el correcto funcionamiento del dispositivo. Al momento de realizar estos nuevos diseños se buscó un gran aprovechamiento de las formas complejas que son realizadas sencillamente con una impresora con tecnología FDM y también se tuvieron en cuenta las limitaciones que esta metodología presenta.

En cuanto a las ventajas es oportuno mencionar que se puede disponer de una pieza de mayores dimensiones respetando ciertas limitantes dado que el costo de material es menor que el previamente empleado. Otra característica particular fue el diseño de una cavidad dentro de la pieza donde se insertará una tuerca durante el proceso de impresión evitando de esta forma un proceso de maquinado para obtener la rosca (Figura 3) [4].

Esta técnica de impresión se implementó debido a que las roscas en manufactura aditiva tienden a tener una terminación muy deformada y los radios de los filetes no son uniformes [5]. Dentro de las limitaciones una de las cuestiones a tener en cuenta es la forma en la que será colocada la pieza en la mesada de impresión tanto por un tema de adhesión a la mesada como también la disposición de las sucesivas capas a ser impresas que conformarán la pieza. Para estudiar y comprender las variaciones generadas por las modificaciones realizadas se empleó el módulo Generative Structural Analysis y dentro de este se utilizó la herramienta Static Analysis que hace uso de análisis de elementos finitos en base a la pieza CAD para predecir su comportamiento al enfrentarse a las solicitaciones mecánicas durante el funcionamiento del regulador de gas.

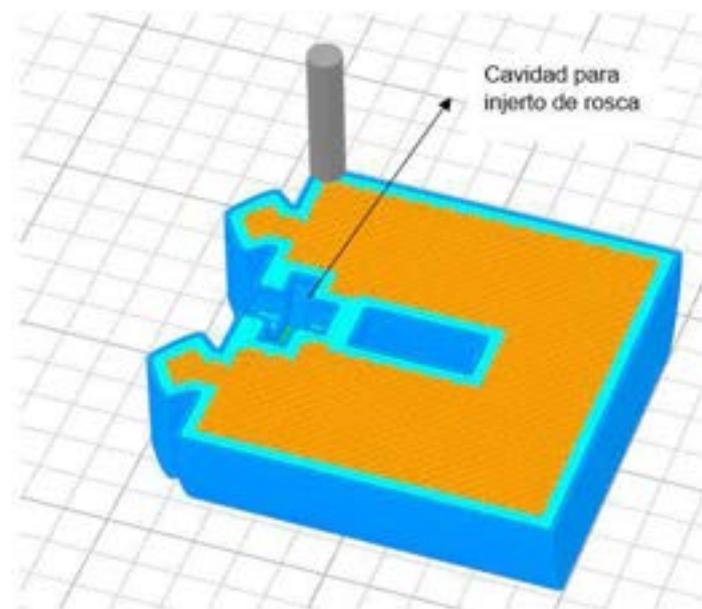


Figura 3 Cavidad para inyecto de rosca en la pieza modificada

4. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

La pieza a reemplazar es una parte clave en el funcionamiento del regulador de gas. Originalmente, se trata de una pieza confeccionada en Silumin (aleación de Al-Si) u otras aleaciones metálicas con excelentes propiedades mecánicas capaces de resistir los esfuerzos a los que se encuentra sometida la sección en cuestión. En cuanto a su forma, la pieza presenta un prisma rectangular de 16 mm de base en

su parte inferior con un orificio central rectangular de 8 mm de ancho y 18 mm de alto, cuya función es la de interactuar con la palanca que regula el ingreso de gas a la cámara (Figura 1, 2).

Además, la pieza está compuesta también por una copa cónica en la parte superior con un diámetro mayor de 45 mm, la cual actúa como sello en contacto con un diafragma. Cabe resaltar que las dimensiones pueden variar según el modelo, y que estas medidas se han tomado como estándar para este análisis en particular. Debido a la interacción con la palanca mencionada anteriormente, la pieza se somete a esfuerzos de tracción en la base de la pieza y a compresión en la copa.

El funcionamiento del regulador consiste en regular el ingreso de gas a la cámara para mantener una cierta presión requerida. Es importante resaltar que la presión entrante debe ser siempre mayor que la presión regulada del interior de la cámara. Cuando la presión de la cámara es mayor, la palanca se desplaza de forma tal que se generan esfuerzos de tracción en el prisma rectangular. El máximo esfuerzo de tracción que sufrirá la pieza se corresponde con la presión máxima de operación y el área del diafragma.

Una vez comprendido el funcionamiento de la pieza como así también, las fuerzas a las que se encuentra sometida, es posible analizar posibles cambios en el diseño de la pieza. Si bien el material original es ideal desde el punto de vista de sus propiedades mecánicas, la producción de la pieza acarrea costos altos considerando que se necesitan moldes para fundición en coquilla. Además, debe considerarse el hecho de que el volumen de producción promedio en una empresa de reguladores es de 1000 piezas al año, es decir, una cantidad relativamente baja en comparación a los costos de moldes.

En último lugar, cabe destacar otra ventaja importante que tiene asociada la impresión 3D; esto es la facilidad de realizar cambios y simulaciones previo a la producción de la pieza a partir de un archivo digital.

5. ANÁLISIS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE MANUFACTURA ADITIVA

Existen varios factores a tener en cuenta cuando se trata de reemplazar el proceso de producción de una pieza. En este caso es incluso más crítico ya que se trata de un reemplazo del material, el método productivo, e incluso el diseño original de la pieza.

Dado que la pieza a reemplazar está limitada en un espacio dentro del regulador y tiene diferentes solicitaciones mecánicas, resulta particularmente importante el estudio de la orientación de las fibras, el acabado superficial de la pieza y su influencia en las propiedades mecánicas, la resistencia de los materiales y sus condiciones operativas.

5.1. Material

En primer lugar, se debe tener en cuenta que se propone reemplazar una pieza obtenida por fundición de aluminio por un polímero, el cual tiene una resistencia mecánica muy inferior y temperaturas de operación más limitadas (ver Tabla 1).

Tabla 1: Propiedades físicas y mecánicas del silumin y polímeros analizados

Propiedad	Silumin [6]	Nylon 30%RF V [7]	ABS [8, 9]		PLA [10]	PEEK [11]
			monofil	i3D FDM	SC	SC
Módulo de Young [GPa]	60	5,7-11	2,07	1,55	3,5	3,7
Tensión de fluencia / Límite Elástico [MPa]	138 - 210	160 - 210	25,3	0° // 22.4 - 25.5	37*	56,6 - 72
Resistencia a la tracción [MPa]	196	142-156	-	37	50	100
Alargamiento a la rotura [%]	2- 20	2 - 5	-	3,5 - 50	6	30 -150
Resistencia al Impacto [J/m] (T ambiente)	-	120 - 135 (Izod)	-	200 - 215	-	80 - 94
Temperatura máxima [°C]	480	80 - 200	Tg = 94	Sin Tm, amorfo	Tm= 173 Tg= 60	Tm=341 Tg=143

Para esto se propone realizar simulaciones por elementos finitos para analizar la respuesta a sollicitaciones por cargas estáticas, temperatura y fatiga para determinar las propiedades resultantes como así también si debe contemplarse un posible cambio del diseño actual.

Sin embargo, una limitación que presentan las simulaciones por elementos finitos es que estas consideran a la pieza como un bloque de polímero sólido, mientras que en la realidad, la estructura obtenida por manufactura aditiva consiste de muchas capas de filamentos que se van depositando en la pieza durante la fabricación. Esto genera un apilamiento de los filamentos que puede ser controlado mediante la variación de los parámetros de impresión de la pieza. Por otro lado, para fortalecer las áreas donde existen grandes esfuerzos de corte, se puede imprimir en una dirección más cercana a la perpendicular.

De la misma manera, donde existe una alta fuerza de tracción es posible imprimir en una dirección paralela a la dirección de la tracción para maximizar la resistencia de la pieza a dichas sollicitaciones [12]. Estos factores de diseño de impresión afectan significativamente la resistencia mecánica de la pieza y podría afectar los resultados en los ensayos experimentales como así también, durante una simulación por elementos finitos.

5.2. Dirección de impresión

La dirección de impresión es un factor muy importante a considerar cuando se diseña la pieza. Esto se debe a las propiedades anisotrópicas de las piezas fabricadas por manufactura aditiva. La resistencia de

la pieza no será la misma si la carga se realiza de forma perpendicular que si se realiza de forma paralela a la dirección de impresión. La deposición de los filamentos de polímero fundido es la principal causa de la característica anisotrópica. En las universidades Bucknell y Duke se realizaron estudios comparativos de las propiedades mecánicas de piezas impresas con diferentes configuraciones de direcciones de impresión [12].

Se realizaron cinco tipos de ensayos mecánicos (tensión, compresión, flexión, impacto y fatiga). Se imprimieron bloques rectangulares en ABS para los ensayos de tensión, flexión y fatiga; un cilindro para la prueba de compresión y un bloque rectangular con ranura para la prueba de impacto. Cada una de las piezas se imprimió con dirección de impresión longitudinal, a 45 grados, 45 grados cruzado² y transversal (90 grados). Los resultados mostraron que el límite elástico medio para la orientación longitudinal fue la más resistente con 25,52 MPa. La impresión a 45 grados cruzada tuvo el segundo mejor límite elástico medio con 18,90 MPa y el diagonal (45 grados simple) y transversal (90 grados) tienen los límites elásticos medios más bajos con 15,68 MPa y 14,35 MPa respectivamente. Como era de esperarse, tiene mayor rigidez una pieza impresa con las fibras paralelas a la dirección de esfuerzo. Sin embargo, hay que considerar la anisotropía que esto le genera a la pieza.

Además, si se observa la forma de la pieza en cuestión y se imprime con una dirección de fibras vertical, por un lado, será mucho más resistente a las fuerzas de tracción, pero, por otro lado, justo debajo del orificio se generarán áreas de corte que serán muy débiles. Es por esto que se propone imprimir la pieza con una configuración de 45 grados cruzada. Para que se generen los ángulos de 45 grados con la dirección de esfuerzo, se propone que se imprima la pieza de manera horizontal, es decir, con una de las caras perforadas completamente apoyada sobre la mesada de impresión. Se propone imprimir varias iteraciones de cada modelo de pieza propuesta y replicar los ensayos de este estudio y validar los resultados con los diseños de la pieza en cuestión.

5.3. Terminación superficial

Otro factor a tener en cuenta es el acabado superficial debido a que la pieza a sustituir posee un requerimiento de rugosidad media entre 1,2 μ m y 3,6 μ m (requerimiento dado por el fabricante). Dado que la rugosidad media obtenida por FDM es del orden del milímetro, el acabado superficial del material debe asegurarse para garantizar un correcto funcionamiento de la pieza dentro del conjunto. En particular, esta pieza requiere una buena terminación para evitar filtraciones y cambios de presión no deseados. Esto se debe a que la corona de la pieza se apoya contra el diafragma de acrílico nitrilo (ver Figura 2).

Este atributo dependerá de las especificaciones de la impresión, la máquina utilizada y el material. Es por este motivo que cabe analizar técnicas de postproceso como la exposición al vapor de acetona en el caso del ABS, que contribuyan a un mejoramiento de acabado superficial sin dañar mucho las propiedades de resistencia del material [13]. Si bien estos tratamientos pueden favorecer enormemente la terminación superficial, se presentan ciertas desventajas relacionadas con la pérdida de propiedades, lo cual podría resultar crítico en la pieza analizada.

Por otro lado, estas técnicas suelen aplicarse con fines estéticos y no se han encontrado muchas investigaciones que actualmente denotan en detalle las desventajas técnicas que acarrearán. Además, resulta complejo determinar la buena repetitividad de postprocesos artesanales ya que los resultados

² 45 grados cruzados se refiere a la impresión de una capa en dirección 45 grados en un sentido y la siguiente con 45 grados en el otro sentido, de manera que los filamentos quedan a 45 grados.

podrían diferir entre pieza y pieza. En último lugar, se pueden llevar a cabo tratamientos térmicos para eliminar tensiones residuales debidos al proceso de contracción durante la impresión.

5.4. Costos

Como se mencionó anteriormente, si bien la manufactura aditiva es una tecnología aún muy joven, los costos operativos asociados son cada vez menores. Una de las principales ventajas de la manufactura aditiva es la versatilidad, ya que se puede comenzar a producir una nueva pieza o cambiar el diseño de la misma, con muy bajo costo ya que no hay que invertir en matrices metálicas costosas como en el caso del moldeo por inyección de polímeros o moldes para fundición de aluminio.

Además, se pueden lograr una gran variedad de piezas con la misma impresora. Esto es lo que se busca ganar con la manufactura aditiva y que compensa la disminución de resistencia del material cuando se reemplazan metales por polímeros. A pesar de la gran reducción de costos, resulta fundamental equiparar las propiedades necesarias para un buen funcionamiento de la pieza.

Para poder analizar esto hay que tener en cuenta qué material y la impresora que se va a usar, cuántas piezas se van a imprimir por año, los costos de capacitación de personal que opere las máquinas, mantenimiento de las máquinas, entre otras variables logísticas asociadas al proceso de manufactura mencionado.

Estos representan los principales factores que se deben tener en cuenta a la hora de evaluar el uso de manufactura aditiva para reemplazar la pieza del regulador. De esta manera se propone definir variables que permitan medir la manera en que la manufactura aditiva impacta en el proceso según cada factor. Esta medición se hará teniendo en cuenta las propiedades que tiene la pieza actual de manera que se busca comparar la solución propuesta con el estado actual. Después, se propone realizar una matriz de decisión que permita ponderar cada variable de acuerdo a la importancia que se le da a cada una. Esto permitirá tener una herramienta precisa para decidir si es factible llevar a cabo el cambio o si se deben reevaluar algunos aspectos para que resulte viable.

Una vez realizados los ensayos propuestos a la pieza y habiendo llegado a un nuevo diseño de esta, se propone hacer un ensayo estadístico de test de hipótesis. Este consiste en establecer valor de carga objetivo que la pieza debe soportar en su punto más débil (orificio del cuerpo) y partir de la hipótesis nula de que la resistencia media de la pieza es menor a ese valor. A partir de esta hipótesis se debe calcular una cantidad representativa de muestras (piezas impresas lo más uniformes posible) y cargarlas con el valor de carga objetivo. Se evaluarán los resultados de la carga resistida y se buscará rechazar la hipótesis nula para poder asegurar con un determinado nivel de confianza que la pieza resiste esa carga. Este análisis es muy importante ya que permite obtener una idea de cómo se comportan las piezas impresas para la producción a partir de una pequeña muestra.

6. CONCLUSIONES

Esta investigación propone como método alternativo para la producción de piezas de reguladores de gas a la impresión 3D de polímeros, reemplazando las aleaciones metálicas, utilizando la tecnología FDM. Se realizó un estudio bibliográfico de la manufactura aditiva en donde se evaluaron varios aspectos de la tecnología disponible y las propiedades de las piezas impresas.

Para realizar el análisis, se tuvieron en cuenta las propiedades mecánicas de los materiales, las sollicitaciones a las cuales se encuentra sometida la pieza, las temperaturas de funcionamiento y las tolerancias dimensionales. En primer lugar, se utilizaron los módulos Part Design y Generative Structural Analysis del software Catia V5 para el modelado de la pieza y análisis de la misma por elementos finitos. Se concluyó que es posible, dadas las dimensiones de la cámara del regulador, aumentar las propiedades mecánicas de la pieza al agregar material en las paredes de esta.

Debido al contexto de Covid-19 en el que se desarrolla el trabajo, se deja a investigaciones futuras la realización de ensayos mecánicos. De todas formas, el software ha permitido un elevado grado de análisis que junto a información proveniente de otros estudios ha facilitado la detección de los factores que inciden directamente en la impresión y posterior funcionamiento de la pieza. En segundo lugar, la dirección de impresión de la pieza juega un rol fundamental debido a las propiedades anisotrópicas que son producto de la deposición de los filamentos de polímero fundido.

La resistencia de la pieza no será igual si la carga se realiza de forma perpendicular que si se realiza de forma paralela a la dirección de impresión. Si se imprime con una dirección de fibras vertical, por un lado, será mucho más resistente a las fuerzas de tracción, pero, por otro lado, se generarán zonas de corte que resultarán muy débiles. Es por esto que se propone imprimir la pieza con una configuración de 45 grados cruzada.

Nuevamente, dadas las limitaciones, se deja a futuras investigaciones la comprobación experimental de esta sugerencia. En cuanto al acabado superficial, este es un aspecto clave en el funcionamiento debido a que se trabaja con presiones que podrían verse afectadas ante pérdidas o rugosidades en la superficie. La rugosidad media obtenida por FDM es del orden del milímetro, y es por este motivo que se recomienda la aplicación de técnicas de postproceso para asegurarse esta característica. Sin embargo, cabe destacar que estos métodos pueden resultar nocivos para las propiedades mecánicas si los parámetros de tiempo de exposición y tipo de ataque químico no son cuidadosamente ajustados en una etapa previa. En último lugar se examinaron los costos que conlleva la impresión 3D.

Ésta es una de las claras ventajas que presenta la manufactura aditiva ya que con tan solo una impresora, filamento y el software indicado se puede llevar a cabo la producción de varias piezas, es decir, se reducen significativamente los costos operativos y se permite un alto grado de versatilidad. A diferencia de la fundición o inyección, no se requieren matrices metálicas, ya que se trabaja con un archivo digital en el que se pueden realizar cambios en el diseño de las piezas sin impactar los costos operativos.

Para completar el trabajo, el análisis estadístico le proporcionará a la pieza diseñada un nivel de confianza operacional, por lo que se podrá evaluar si la propuesta de cambio será efectiva. A su vez, la matriz de decisión permitirá evaluar el reemplazo de la pieza ponderando los distintos parámetros y denotar dónde están las ventajas y desventajas de la nueva pieza.

REFERENCIAS.

- [1] Interempresas. (2019). "En 2019, el gasto mundial en impresión 3D se incrementará un 21,2% según IDC" [interempresas.net](https://www.interempresas.net/Fabricacion-aditiva/Articulos/231650-En-2019-el-gasto-mundial-en-impresion-3D-se-incrementara-un-21-2-por-ciento-segun-IDC.html), Redacción Interempresa, <https://www.interempresas.net/Fabricacion-aditiva/Articulos/231650-En-2019-el-gasto-mundial-en-impresion-3D-se-incrementara-un-21-2-por-ciento-segun-IDC.html>
- [2] Ramirez, Rodrigo; Ariza, Raquel; Ceballos, Jorge; Vergelín, Pablo; Sandre, Cristian; Nemcansky, Kevin; Zunini, Cesar; Palladino, Cecilia; Secchi, Mariela; Apecema, Luciana; Becker; Rosalba. (2015). "Panorama de la i3D". INTI. 1a ed, pp 5-22. San Martín: Instituto Nacional de Tecnología Industrial.
- [3] Gao, Wei; Zhang, Yunbo; Ramanujan, Devarajan; Ramani, Karthik; Chen, Yong; Williams, Christopher B; Wang, Charlie C.I; Shin, Yung C; Zhang, Song; Zavattieri, Pablo D. (2015) "The status, challenges, and future of additive manufacturing in engineering". Elsevier. Computer-Aided Design, Volumen 69, pp 65-89 <http://dx.doi.org/10.1016/j.cad.2015.04.001>
- [4] Crease, Alex. (2016). "Embedding Nuts in 3D Printed Parts for Hidden Fastener Strength". Markforged. Disponible en <https://markforged.com/blog/embedding-nuts-3d-printing/>
- [5] Tronvoll, Sigmund A; Elverum, Christer W; Welo, Torgeir. (2018). "Dimensional accuracy of threads manufactured by fused deposition modeling". Science Direct. Procedia Manufacturing 26, NTNU, Trondheim, Noruega.
- [6] Angiolani, Argeo. (1960). Introducción a la Química Industrial. Editorial Andrés Bello, 1960.
- [7] "Poliamida - Nilón 6, 6 Reforzado Con 30% Fibra De Vidrio - Catálogo En Línea - Materiales En Pequeñas Cantidades Para El Diseño - Goodfellow". Goodfellow.Com, 2020, <http://www.goodfellow.com/S/Poliamida-Nilon-6-6-reforzado-con-30-fibra-de-vidrio.html>. Accessed 9 July 2020.
- [8] Rodriguez, Jose & Thomas, James & Renaud, John. (2001). "Mechanical behavior of acrylonitrile butadiene styrene (ABS) fused deposition materials". Experimental investigation. Rapid Prototyping Journal. 7. 148-158. 10.1108/13552540110395547.
- [9] "Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS Plastic): Uses, Properties & Structure". (2020). Omnexus.Specialchem.Com. <https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/acrylonitrile-butadiene-styrene-abs-plastic>.
- [10] "Polylactic Acid Or Polylactide, PLA Plastic, Lactic Acid Polymer Guide". (2020). Omnexus.Specialchem.Com, Visita: 14/07/2020. <https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/polylactide-pla-bioplactic>.
- [11] "Polyether Ether Ketone (PEEK Plastic): Uses, Properties & Material Guide". (2020) Omnexus.Specialchem.Com. <https://omnexus.specialchem.com/selection-guide/polyetheretherketone-peek-thermoplastic>
- [12] Ziemian, Constance; Sharma, Mala; Ziemian, Sophia. (2012). "Anisotropic Mechanical Properties of ABS Parts Fabricated by Fused Deposition Modelling". Mechanical Engineering, Dr. Murat Gokcek (Ed.), pp 1-23 ISBN: 978-953-51-0505-3, InTech. <http://www.intechopen.com/books/mechanical-engineering/anisotropicmechanical-properties-of-abs-parts-fabricated-by-fused-deposition-modeling>

[13] Costa, Vivian Thais Leite; Nan Pai, Chi. (2019). "Superficial Characteristics of Acetone Vapor treated ABS Printed Parts for use in Upper Limb Prosthesis". Springer Nature Singapore, XXVI Brazilian Congress on Biomedical Engineering. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-981-13-2119-1_57