Pontificia Universidad
JAVERIANA
Cali

Facultad de Ingeniería
y Ciencias
Ingeniería de Sistemas y Computación

Monografía de Trabajo de Grado

Modelado de la Integración IT/OT mediante BPMN

Germán Andrés Caycedo Mutis

Director
Dr. Eugenio Tamura

9 de julio de 2021

Nota de Aceptación

Aprobado por el Comité de Trabajo de Grado en cumplimiento de los requisitos exigidos por la Pontificia Universidad Javeriana para optar al título de Ingeniero de Sistemas y Computación.

Dr. Hernán Camilo Rocha Niño
Decano Facultad de Ingeniería y Ciencias

Dr. Gerardo Sarria
Director Carrera Ingeniería de Sistemas y Computación

Dr. Eugenio Tamura
Director Trabajo de Grado

Dr. Luis Eduardo Tobón Llano
Jurado 1

Dr. Frank D. Valencia
Jurado 2

Pontificia Universidad JAVERIANA Cali

Facultad de Ingeniería y Ciencias

Acta de Correcciones al Proyecto de Grado
Ingeniería de Sistemas y Computación

Fecha: 7 de julio de 2021

Autores: Germán Andrés Caycedo Mutis

Nombre del Proyecto de Grado: Modelado de la Integración IT/OT mediante BPMN

Director: Eugenio Tamura

Como indica el artículo 2.27 de las Directrices de Trabajo de Grado, he verificado que los estudiantes indicados arriba han implementado todas las correcciones que los Jurados del Proyecto de Grado definieron que se efectuaran, como consta en el Acta de Calificación correspondiente.

_____

Firma de Director(a) del Proyecto de Grado

Santiago de Cali, 9 de julio de 2021

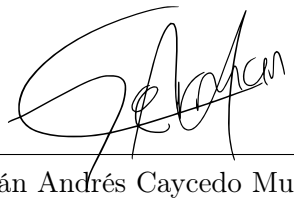
Señores
Pontificia Universidad Javeriana – Cali
Dr. Hernán Camilo Rocha Niño
Decano
Facultad de Ingeniería y Ciencias
Ciudad

Cordial Saludo.

Por medio de la presente me permito presentarle el Trabajo de Grado titulado "Modelado de la Integración IT/OT mediante BPMN".

Espero que este trabajo reúna todos los requisitos académicos, cumpla el propósito para el cual fue creado y sirva de apoyo para futuros proyectos relacionados con la materia.

Atentamente,



Germán Andrés Caycedo Mutis

Santiago de Cali, 9 de julio de 2021

Señores
Pontificia Universidad Javeriana – Cali
Dr. Hernán Camilo Rocha Niño
Decano
Facultad de Ingeniería y Ciencias
Ciudad

Cordial Saludo.

Certifico que el presente Trabajo de Grado titulado "Modelado de la Integración IT/OT mediante BPMN", realizado por Germán Andrés Caycedo Mutis, estudiante de Ingeniería de Sistemas y Computación, se encuentra terminado y puede ser presentado para su sustentación.

Atentamente,

Dr. Eugenio Tamura
Director Trabajo de Grado

Agradecimientos

Agradezco a mi mamá, papá y novia por acompañarme y apoyarme en todo este proceso de aprendizaje a través de la carrera y este trabajo de grado. Agradezco a mis profesores que me han enseñado de muchas maneras lo que sé hoy en día y me ha permitido realizar este trabajo y además me han ayudado en la formación de la persona que soy hoy en día. Agradezco a mi director de trabajo de grado por el gran acompañamiento que me ha dado durante estos semestres apoyándome en todo momento para poder realizar y terminar este trabajo. Por último, agradezco a PragmaDev por proveerme del software necesario para el proyecto.

Glosario

Acrónimos y Abreviaturas

BPM	*Bussines Process Management* (Gestión de Procesos de Negocio)
BPMN	*Business Process Model and Notation* (Modelo y Notación de Procesos de Negocio)
CAP	Centro de Automatización de Procesos *(Process Automation Center)*
IoT	*Internet of Things* (Internet de las Cosas)
IT	*Information Technology* (Tecnologías de la información)
OT	*Operational Technologies* (Tecnologías Operacionales)
STL	*Standard Triangle Language* (Lenguaje de Triángulo Estándar)

Términos

Cura	Hace referencia al software para impresión 3D de Ultimaker Cura.
Stakeholder	Son las personas o partes interesadas en un proceso o actividad.

Resumen

Hoy en día son cada vez más los dispositivos de las Tecnologías Operacionales (*Operational Technologies*, *OT*, por sus siglas en inglés) que se implementan en los procesos de negocio en las empresas, en sus cadenas de producción o en diferentes partes para mejorar el funcionamiento de ellas. Estos dispositivos pueden generar grandes cantidades de datos, que en la gran mayoría no son bien aprovechados, ya sea por la dificultad en su procesamiento o en acceder a estos.

Por otra parte poder tener todos estos datos en tiempo real y en cualquier parte del mundo es una ventaja en los procesos de negocio que no se aprovecha en su gran mayoría, por lo cual se ve la necesidad de plantear una integración IT/OT donde se pueda generar una conexión entre los dispositivos OT con software de las Tecnologías de la Información (*Information Technologies*, *IT*, por sus siglas en inglés), el cual se encarga de procesar los datos para aprovecharlos y generar un valor agregado, además de tenerlos disponibles en cualquier momento y en cualquier lugar.

Como caso de estudio, el proyecto modela la integración entre IT y OT en en el funcionamiento del proceso de impresión 3D en el Centro de Automatización de Procesos de la Pontificia Universidad Javeriana – Cali, usando la gestión de procesos de negocio (*BPM*, por sus siglas en inglés) y su notación. Esto trae grandes ventajas por ser un estándar ya utilizado en las empresas, pues aportan al desarrollo de las empresas, no solo a nivel logístico, sino también a nivel de producción, calidad del producto, atención y servicio al cliente.

Los resultados evidencian una mejora significativa del proceso en términos de calidad y tiempo. Específicamente, se logró realizar un modelado del proceso mediante *BPMN* (*Business Process Model and Notation*). A partir del análisis del modelo original, se diseñó un nuevo modelo del proceso de negocio en BPMN según el método heurístico de rediseño planteado por BPM. Este rediseño permitió la automatización de tareas, agregar pasos de control, la disponibilidad y orden de la información del proceso en línea. El nuevo diseño se soporta alrededor de una plataforma web sencilla, fácil de usar y escalable, en la cual se gestiona y se integra todo lo necesario, desde el inicio de la solicitud hasta el final.

Palabras Clave: IT - OT - Modelado de Procesos - BPM - BPMN - Integración IT/OT - Notación de Software - Sistemas de control de procesos

Abstract

Nowadays there are more OT (*Operational Technologies*) devices that are being applied in Business Processes in diverse companies, in their production chain or in different parts to improve their performance. Those devices can generate big amounts of data, which in general are not well used, be it either for the difficulty in processing or accessing these data.

On the other hand, having this data in real-time and anywhere in the world is an advantage in the Business Process that is not well used in most of the cases. Thereby the need to propose an IT/OT integration where a connection between OT devices and IT software can be generated was identified, which is in charge of processing the data to take advantage and generate added value, in addition to having this data available anytime and anywhere.

As a case study, the project models the IT/OT integration associated to the 3D printing process in the *Centro de Automatización de Procesos* (Process Automation Center) at the *Pontificia Universidad Javeriana – Cali* by means of BPM (*Business Process Management*) and its notation. This approach brings great advantages for being a standard already used, that contributes to the development of the companies, not only at the logistical level, but also at the production level, which impacts product quality and customer service.

The results showed an improvement in the process in terms of quality and time. Specifically, a model of the process through BPMN (*Business Process Management Notation*) was achieved. From the analysis of the original model, a new model of the business process was described in BPMN according to the heuristic method of redesign proposed by BPM. This redesign embodies the automation of tasks, added control steps, and provides online availability and flow of the information. The new design is supported through a simple, easy to use, and scalable web platform, in which everything is managed and integrated, from the beginning of the request to its end.

Keywords: IT - OT - Process Modeling - BPM - BPMN - IT/OT Integration - Software notation - Process Control System

Índice general

1. Introducción **1**

2. Planteamiento del Problema **3**

3. Justificación **7**

4. Objetivos **9**
4.1. Objetivo General 9
4.2. Objetivos Específicos 9

5. Marco de Referencia **11**
5.1. Áreas Temáticas 11
5.2. Marco Teórico 11
5.3. Trabajos Relacionados 12

6. Materiales y Métodos **15**
6.1. Elección del Caso de Estudio 15
6.2. Análisis del proceso 16
6.2.1. Análisis cualitativo 16
6.3. Elementos del rediseño 22
6.3.1. Clientes internos o externos 22
6.3.2. Vista operacional del proceso de negocio 22
6.3.3. Vista del comportamiento del proceso de negocio 23
6.3.4. Organizaciones y participantes del proceso de negocio 23
6.3.5. Información generada o usada por el proceso de negocio 23
6.3.6. Tecnología utilizada por el proceso de negocio 23
6.3.7. Entorno exterior en el que se sitúa el proceso de negocio 23
6.4. Órbita de Rediseño 23
6.5. Método Heurístico de Rediseño de Proceso 24
6.5.1. Etapas: 25
6.5.2. Heurísticas de Rediseño 26

7. Resultados y Discusión **27**
7.1. Desarrollo 27
7.1.1. Inicio 27
7.1.2. Diseño 28
7.1.3. Evaluación 43
7.2. Comparativa entre BPMN y UML 45

8. Conclusiones **47**

9. Recomendaciones **49**

Bibliografía **51**

Índice de figuras

2.1. Vista del comportamiento del proceso de negocio en BPMN 5

6.1. Diagrama de causa y efecto 21
6.2. Órbita de Rediseño. Tomada de [4] 25

7.1. Vista del nuevo comportamiento del proceso de negocio rediseñado en BPMN 31
7.2. Inicio vista Estudiante 33
7.3. Formulario de solicitud del Estudiante 34
7.4. Formulario de aprobación del profesor o encargado 35
7.5. Interfaz de monitoreo de las solicitudes de impresión 3D 36
7.6. Mis solicitudes con el modelo pendiente 37
7.7. Mis solicitudes con el modelo rechazado 38
7.8. Mis solicitudes con el modelo aprobado 39
7.9. Escritorio de solicitudes con nuevo botón de agendar 40
7.10. Agenda de las impresiones 41
7.11. Cantidad de material y tiempo utilizado por impresión 3D 42

Índice de cuadros

6.1. Análisis de valor agregado del proceso de impresión 3D 17
6.2. Registro de problemas del proceso de impresión 3D del CAP 19

7.1. Selección heurísticas de rediseño del Objetivo de rendimiento 1 28
7.2. Selección heurísticas de rediseño del Objetivo de rendimiento 2 28
7.3. Selección heurísticas de rediseño del Objetivo de rendimiento 3 29
7.4. Selección heurísticas de rediseño del Objetivo de rendimiento 4 29

Capítulo 1

Introducción

Los avances en la tecnología han ido permitiendo que muchos procesos se vayan mejorando en diversos ámbitos, este es el caso de las Tecnologías de la Información (de ahora en adelante *IT*, por sus siglas en inglés) y las Tecnologías Operacionales (de ahora en adelante *OT*, por sus siglas en inglés), las cuales han estado presentes hace mucho tiempo en procesos de todo tipo. Sin embargo, lo hacen de forma separada por un lado las IT y por otro las OT y en muchos casos es el mismo personal humano el que se encarga de intercambiar la información entre estos dos tipos de tecnologías. Las nuevas formas de integrar las IT con las OT han permitido que el intercambio de información se haga de forma automatizada y las dos tecnologías funcionen de manera conjunta en tiempo real y casi de forma instantánea.

El objetivo del proyecto es poder formular una propuesta de integración IT/OT y modelar el proceso de la integración mediante BPMN (Business Process Model and Notation), para esto se necesita primero saber qué implica hacer dicha integración IT/OT y analizar cuáles son los requisitos para poderla hacer. Además, se identifica un caso de estudio como es el proceso de impresión 3D del CAP y reconocer qué procesos funcionan en el caso. Por otra parte, se va a determinar si la integración realizada es la mejor o se puede realizar un mejor trabajo con otra alternativa enfocada en UML.

Como caso de aplicación, se debe tener claro que es el proceso de impresión 3D que se desarrolla en el Centro de Automatización de Procesos (de ahora en adelante CAP, por sus siglas) de la Pontificia Universidad Javeriana Cali, por otra parte, el proyecto sólo presentará un rediseño del proceso y un modelo sin llegar a la etapa de implementación de lo modelado. Sin embargo, se analizarán los resultados del rediseño y del nuevo modelo de la integración IT/OT. Además, como herramienta para el rediseño se tiene el BPM el cual va a guiar todo este proceso y complementándolo con su notación, la BPMN permite modelar el proceso existente y el nuevo con el rediseño. Por último, como herramienta tecnológica para realizar los modelos se utiliza el software PragmaDev Process, de la empresa *PRAGMADEV*.

Se parte de la necesidad de mejorar el proceso actual de impresión 3D en el CAP, por lo que se plantea realizar un rediseño para así poder realizar un modelado de integración IT/OT a partir del modelo existente buscando mejorar el proceso en tiempo y calidad. Se tiene en cuenta que ya existe un proceso de impresión 3D y se pretende rediseñar este sin generar o plantear uno nuevo por completo.

Como metodología empleada se realizó una investigación teórico práctica en el que a medida

que se investigaba información, se aplicaba al desarrollo del proyecto y se evaluaba el aporte para decidir si era significativo o no al trabajo desarrollado. Por otra parte, para el rediseño del proceso de impresión 3D del CAP se utilizó lo planteado por el libro [4] donde se propone una metodología de rediseño bastante amplia y que se puede ir adaptando a cada proyecto dependiendo de sus propios requerimientos.

El Capítulo 2 plantea el problema que se trabajará a lo largo del documento, posteriormente, el Capítulo 3 justifica la importancia del problema y por qué fue seleccionada. Seguido de esto, el Capítulo 4 establece el objetivo principal, qué se busca lograr en el proyecto y una serie de objetivos que apoyarán el correcto desarrollo del principal. Se continúa con el Marco de Referencia en el Capítulo 5 donde se exponen las áreas temáticas de la ACM relacionadas al proyecto, después de esto, se ilustra un poco lo que se ha trabajado y los avances desarrollados respecto a la integración IT/OT y BPM, se concluye con los Trabajos Relacionados en el campo de integración IT/OT y BPM. Seguidamente, el Capítulo 6 comienza con la etapa de rediseño del proceso de impresión 3D en el CAP, donde se caracteriza su funcionamiento actual, sus problemas y cómo puede ser mejorado. El Capítulo 7 presenta el desarrollo del rediseño, sus resultados y una evaluación de lo obtenido en esa etapa. Por último, el Capítulo 8 expone las conclusiones del proyecto.

Entre los resultados lo más relevante fue poder tener un nuevo modelo del proceso de negocio en BPMN donde luego de haber tenido un proceso de re-diseño de dicho proceso se plantea una mejor integración de las tecnologías IT/OT sin tener que haber generado o creado un proceso nuevo. En cambio, se partió del inicial y se fue mejorando hasta que se cumplieron con los objetivos buscados. Por otra parte a pesar de que en los objetivos no se buscaba hacer un re-diseño del proceso gracias a lo que plantea BPM en el libro [4], la mejor aproximación que se encontró para poder realizar la integración IT/OT fue hacer dicho re-diseño guiado por las metodologías planteadas en BPM.

Capítulo 2

Planteamiento del Problema

Hoy en día cada vez más empresas o entidades tienen implementadas las Tecnologías Operacionales (OT) y las Tecnologías de la Información (IT) en su funcionamiento; sin embargo, en la gran mayoría de casos estas funcionan de manera separada, llevando a que muchos procesos se den de manera desordenada, elevando tiempos y costos en muchos casos. Puede que desde las OT todo funcione de manera correcta e igualmente desde las IT, no obstante, no tener una conexión o estandarización entre estas dos partes lleva a que muchos procesos o tareas no se desarrollen de una manera más eficaz y eficiente.

Por un lado las Tecnologías Operacionales están siendo implementadas mediante la puesta en funcionamiento de sensores y dispositivos OT, los cuales están interconectados entre ellos tomando diferentes muestras de datos de los procesos y actividades que suceden dentro de las empresas o entidades. La interconexión de todos estos dispositivos permite el desarrollo de nuevas aplicaciones que ayudan a las necesidades básicas, sociales, económicas y ambientales. Además esta gran cantidad de dispositivos genera una amplia gama de datos que necesita ser procesada y analizada para obtener mejor conocimiento de lo que está sucediendo[11].

Por otro lado, las Tecnologías de la Información están tomando gran importancia en el ámbito industrial, ya que a diario se generan grandes cantidades de datos que aportan un valor agregado y no están siendo aprovechados; es aquí donde las IT desempeñan un papel crucial, puesto que los datos por sí solos no poseen valor alguno, mientras que al ser analizados o procesados, estos cobran importancia, tal como sucede en la *Big Data*, donde se procesan grandes cantidades de datos para encontrar elementos valiosos y únicos que puedan impactar de manera beneficiosa en las aplicaciones y procesos empresariales[9].

La Gestión de Procesos de Negocio (*Bussines Process Management*, de ahora en adelante *BPM*, por sus siglas en inglés), describe la interacción y la secuencia de solicitudes y respuestas de y hacia los servicios IT. Además BPM se concentra en mejorar el desempeño de las empresas o entidades optimizando su proceso de negocios, permitiendo que funcionen de manera más eficiente y efectiva, haciendo que sean más capaces de adaptarse al cambio. Como objetivo, BPM simplifica el manejo de los servicios a través de la especificación de las actividades de las empresas o entidades como un conjunto de procesos[2].

Actualmente, las empresas que no tienen integradas las IT y OT, carecen de conocimiento sobre lo que está sucediendo con sus procesos o tareas en tiempo real, lo cual lleva a invertir tiempo y

recursos en actividades dedicadas al análisis y procesamiento de información que generan estos procesos posterior a que ocurran. Además tener que esperar a que la tarea sea completada y que sean analizados o procesados los datos que esta genera, aumenta las probabilidades de que se presenten fallas y que su solución tome tiempos prolongados.

Por otra parte, al no contar con la información en tiempo real, no se logra tener una visión general de lo que está sucediendo en los procesos de la empresa o entidad, evitando que se tomen decisiones a tiempo sobre mejoras y correcciones que los datos puedan estar proporcionando.

La integración de las Tecnologías de la Información con las Tecnologías Operacionales, consiste en tener un sistema intermedio entre estas dos, el cual se encarga de obtener todos los diferentes tipos de datos que los dispositivos y sensores de las OT generan, para después estandarizarlos de tal forma que se le puedan transferir a las aplicaciones involucradas en las IT, todo esto de forma automatizada.

Teniendo en cuenta lo anterior, se identifica un problema en el funcionamiento del proceso de impresión 3D en el CAP, debido a que muchas actividades no se desempeñan de la mejor manera llevando a demoras o gasto injustificado de recursos como lo son el tiempo y el material. En la Figura 2.1 se puede ver el comportamiento del proceso de impresión 3D con sus tareas y actividades siendo representadas por los cuadros amarillos. Se identifica que se requieren muchas esperas por parte de diferentes actores para poder continuar con varias tareas del proceso y también que una misma persona debe ejecutar varias tareas lo cual lo carga con bastante trabajo y lo hace demorar. En el proceso de impresión del CAP se encuentran implementadas varias herramientas de hardware y software tanto OT como IT, sin embargo se identifica una falta de integración entre estas partes por lo cual se identifica como el problema actual.

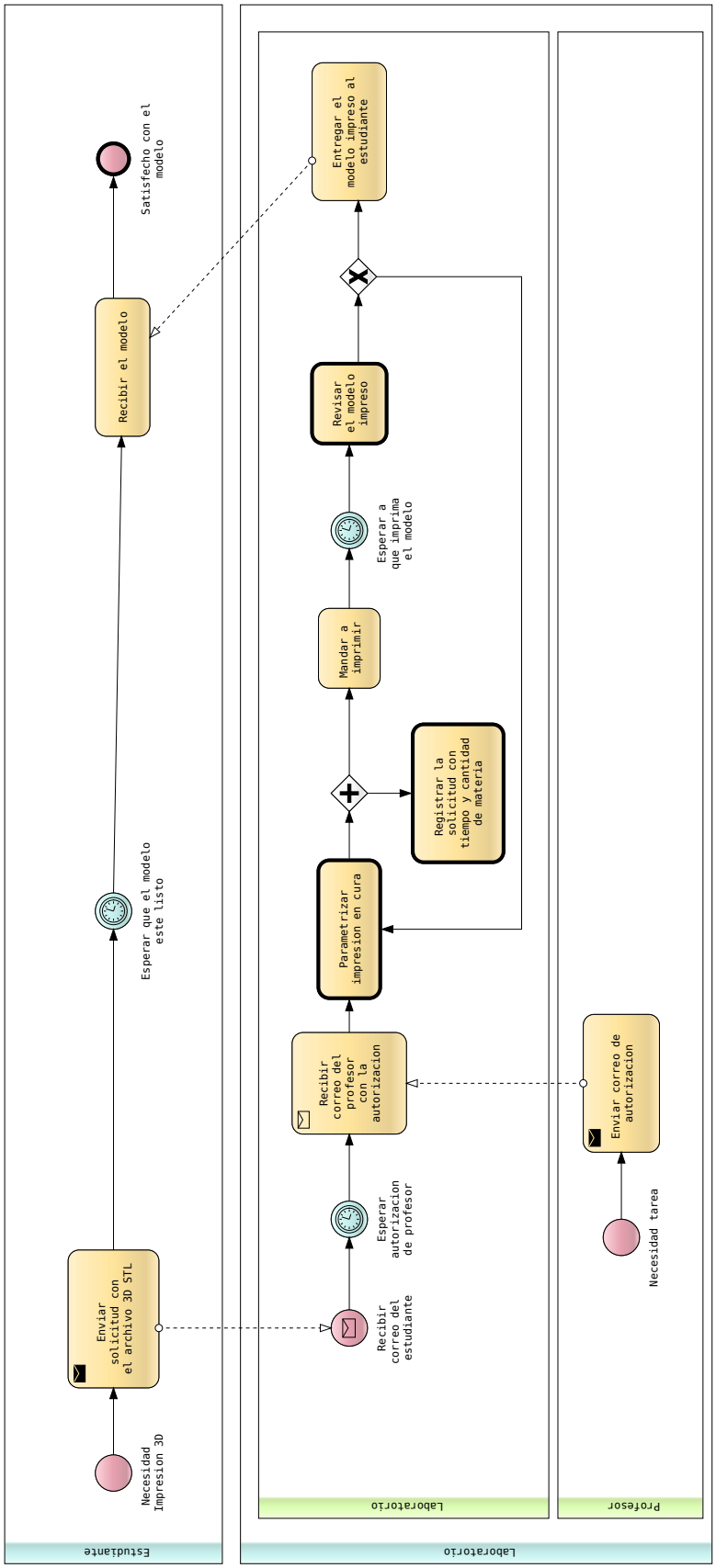


Figura 2.1: Vista del comportamiento del proceso de negocio en BPMN

Capítulo 3

Justificación

Las Tecnologías Operacionales (OT) generan grandes cantidades de datos, ya que los sensores y dispositivos presentes en su funcionamiento van recolectando información valiosa, pero dada su extensión es complejo su análisis y aprovechamiento. Por lo tanto se genera la necesidad de herramientas que están presentes en las Tecnologías de la Información (IT), para el adecuado procesamiento de estos datos. Por esta razón, se plantea el modelado de la integración de estas dos tecnologías, para volver más eficiente y eficaz las tareas y procesos que están relacionados con las IT y OT en las empresas o entidades.

Esta integración es importante porque permite realizar el análisis en tiempo real de los datos que suministran los dispositivos y sensores implementados en las Tecnologías Operacionales, lo cual posibilita que las empresas o entidades, sepan lo que está pasando con sus procesos o tareas en el momento que sucede todo.

El hecho de conocer lo que está sucediendo en tiempo real, permite a las empresas tomar decisiones más acertadas, sin necesidad de buscar dentro de los datos obtenidos en caso de que se presenten problemas, el error o la falla que está ocurriendo; por ende, se está ahorrando tiempo y/o recursos que pueden ser empleados en otras tareas de mayor complejidad que necesitan ser atendidas. Adicionalmente, no sólo sirve para el caso en que ocurran problemas, sino también para volver más eficiente y eficaz el funcionamiento de los procesos de dicha empresa. También, tener la información en tiempo real y su análisis al mismo tiempo, evita el emplear tiempo y recursos en procesamiento de esta en un futuro. Por otro lado, gracias a tener disponibles los datos de inmediato, no es necesario esperar que una falla llegue a su etapa final para poder identificar su causa y poder corregirla: por el contrario, se puede realizar la corrección de la falla antes de que esta tenga consecuencias negativas en el proceso o tarea.

Debido a que con BPM se puede describir la interacción de los servicios presentes en las IT y que además proporciona un modelo gráfico el cual es altamente entendible, se plantea como la opción ideal para modelar la integración de las IT y las OT[8].

Por otra parte, después de buscar literatura relacionada sobre el modelado de la integración IT/OT, no se encuentra mucha información relacionada, además, de que se enfocan en su gran mayoría en sus aplicaciones, en los retos, en las ventajas ya en las empresas, mas no tratan la parte de modelar dichas integraciones y mucho menos de usar BPM para realizarlas. Teniendo esto en cuenta, se puede aprovechar y entrar en este campo poco explorado del modelado de las integraciones

IT/OT y proponer una forma de hacerlo la cual satisfaga las necesidades de los casos de aplicación.

Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente sobre las ventajas de tener una integración IT/OT y modelar el proceso en BPM, además de que se tiene la necesidad de mejorar el proceso de impresión 3D del CAP y se cuentan con dispositivos OT y tecnologías IT, se ve la oportunidad de buscar mejorar este proceso del CAP mediante la integración IT/OT y aprovechar todas la ventajas que esto trae como automatización de procesos, tener disponible la información en tiempo real y su análisis, mejorar el control y la corrección de errores.

Capítulo 4

Objetivos

4.1. Objetivo General

Formular una propuesta de integración que mediante BPMN modele la interacción entre los procesos de negocio y las actividades del nivel operativo en un caso de estudio seleccionado.

4.2. Objetivos Específicos

1. Determinar los efectos que trae integrar las IT con las OT.
2. Analizar las características necesarias de una empresa o entidad para poder realizar la integración IT/OT.
3. Identificar un caso de estudio apropiado para la integración y sus componentes IT y OT.
4. Reconocer los procesos que se llevan a cabo en el caso de estudio para modelar la integración de dichos procesos mediante BPMN.
5. Comparar si la mejor opción es la integración IT/OT o se puede implementar otra alternativa para mejorar el funcionamiento de las IT y OT enfocada a UML.

Capítulo 5

Marco de Referencia

5.1. Áreas Temáticas

- *Software and its engineering - Software notations and tools - System description languages.*
- *Information systems - Data management systems - Information integration* [300]
- *Information systems - Information systems applications - Enterprise information systems.*
- *Information systems - Information systems applications - Process control systems.*
- *Software and its engineering - Software notations and tools - Formal language definitions.*

Ver clasificación en http://www.acm.org/about/class/ccs98-html.

5.2. Marco Teórico

Según [6] la mayor necesidad que se tiene hoy en día es la disponibilidad de información en cualquier lugar y a todo momento, facilitando así el funcionamiento de las empresas y negocios, además de ayudar a la toma de decisiones. Esto lo hace posible la integración entre la Tecnología de la Información (IT) y la Tecnología Operacional (OT). Todo esto se busca para mejorar la satisfacción del cliente, la reducción de errores en la implementación de procesos y cálculos, transparencia de los datos y reducción en el tiempo del procesamiento de estos mismos.

Por otra parte, como explica [5] siempre se ha trabajado con que los dispositivos OT presentes en las empresas funcionan de forma local, donde no se requiere ningún tipo de seguridad ya que se encuentran físicamente asilados de cualquier peligro, entonces estos no se encuentran usualmente familiarizados con ciberseguridad y procedimientos comúnmente usados por las redes IT. Por otra parte, el autor especifica que los grupos IT frecuentemente, no cuentan con mucho conocimiento sobre las funciones de los sistemas OT y le encuentran poco interés a esto. Además, [5] identifica que en las empresas existe una falta de comunicación entre los grupos IT y OT, ya que es muy inusual que estos grupos se reúnan con frecuencia, pues cada uno tiene especialidades diferentes y lenguajes significativamente diferentes. Por lo cual, el autor plantea que para que se de un funcionamiento ideal, estos dos equipos IT y OT, deben de estar pendientes de los problemas con la red de OT, problemas de seguridad y de rendimiento, además de que los grupos IT deben encontrar un canal

de comunicación efectiva para que los OT puedan mantenerlos informados.

Conklin plantea en su artículo [3] que poder conectar los sistemas IT y OT, se ha discutido a lo largo de los últimos años siendo uno de los grandes intereses de los negocios en la actualidad, donde estos puedan integrar la información de los sistemas de control con la red empresarial, y así tener dicha información siempre actualizada y en cualquier parte. Por otra parte, hablando de la seguridad, menciona que ya es normal que la comunidad IT esté familiarizada trabajando con los riesgos externos y de los negocios, mientras que los sistemas OT continúan aislados en sus propios ecosistemas, donde no se consideran estos riesgos externos de los cuales IT ya está acostumbrado. Además, el autor plantea que, a pesar de que para proteger los sistemas OT se usan dispositivos de red tales como *firewalls*, los componentes OT no se encuentran diseñados para trabajar en espacios no seguros y que la efectividad de estas soluciones no está muy cercana a la perfección. Así mismo, Conklin menciona que el verdadero reto de la integración entre sistemas IT y OT, se encuentra en poder enfocar los objetivos de seguridad para cada sistema con los objetivos de negocio para cada sistema. En esta parte es donde se genera un poco de conflicto, ya que como explica el autor, los objetivos de negocio para IT son diferentes a los de OT, y que si se aplican las soluciones de los sistemas IT en los OT se generan una discordancia, por lo cual él propone que lo indicado es entender cómo relacionarse con los objetivos de los sistemas OT.

5.3. Trabajos Relacionados

En [10] los autores aplican la integración IT/OT en una planta de energía; en ella se plantea el incremento del uso de dispositivos IT y plataformas de software, donde identifican que desde el dominio de la integración IT/OT, se deben unificar las soluciones de seguridad para poder garantizar la comunicación y la seguridad de la información a lo largo de las diversas partes del sistema. Todo esto para estar alertas de los impactos de posibles ataques y operaciones incorrectas que pueden ocurrir en la planta de energía. Los autores también especifican que al ser aplicada esta integración en un sistema, el cual es de vital importancia mantener estable, a cada sistema IT que está presente en esta, se le debe asignar un grado de importancia dependiendo del impacto que puede generar en el sistema si este falla. Por último, se plantea que la fortaleza del trabajo es introducir sistemas de seguridad adaptativos, los cuales consisten en dos partes principales, el agente de respuesta OT y el sistema de análisis de riesgo. El nivel de automatización de la toma de decisiones del sistema, depende de la implementación del sistema anteriormente planteado.

En la implementación planteada en [7], se tiene la necesidad de consolidar información que proviene de diferentes sistemas en una sola plataforma; para esto realizan la integración IT/OT, la cual les permitió combinar datos de diferentes fuentes para generar nuevos conocimientos y poder tomar mejores decisiones. Además, se dan cuenta que mientras van implementando la integración en diferentes dispositivos, el sistema también genera información de gran valor sobre los otros activos no integrados; esto es posible ya que la integración permite obtener información y probarla para

dispositivos que no se pueden integrar. Por otro lado, encuentran que es de gran importancia escoger qué dispositivos monitorear, lo que significa que se deben entender qué atributos medir, pero también entender qué dispositivos necesita cada nivel de monitoreo. Las mejores prácticas para saber qué y cuáles activos y variables analizar, indican que se deben clasificar de acuerdo a su impacto crítico en el sistema, muy parecido a lo que se plantea en el artículo anterior.

El proyecto en [1] plantea mejorar la infraestructura para recolectar datos y mejorar los tiempos de uso de la utilidad. Lo que lograron fue obtener la información en tiempo real de los sistemas OT y enviarlas a los sistemas IT para su análisis. También se llegó a una mejora en los perfiles entregados de algunos sistemas, ya que antes se usaban perfiles previamente cargados y ahora con la integración, se lograron modelar los perfiles en tiempo real, basados en datos actuales que están disponibles en tiempo real en la red. Otros logros fueron aumentar la visibilidad en la red de distribución de energía a través del monitoreo de esta red que envía datos de las condiciones actuales en cada momento. Igualmente se logró mejorar la respuesta a fallas, digitalizar el manejo de la distribución eléctrica y los reportes de fallas. También se obtuvieron mejoras en la localización de fallas y de los consumidores afectados, y por último proveer más conocimiento sobre el mantenimiento preventivo y reactivo del sistema.

Capítulo 6

Materiales y Métodos

Como metodología se realizó una investigación evolutiva, ya que consiste en una parte no experimental evolutiva, donde se analizan cambios a través del tiempo de manera iterativa. Además, se tiene una aproximación transversal, ya que se va a hacer una recolección de datos descriptivos, exploratorios y causales.

Se aplicó la metodología de desarrollo de software iterativa, donde se realizarón *sprints* cada semana o dos semanas. Con base en esta metodología de desarrollo, se fue progresando en el proyecto de manera incremental, en el cual se retoman los resultados de los *sprints* anteriores para mejorar y seguir avanzando con el proyecto. A medida que se obtuvieron versiones del proyecto, se analizaron y se le agregaron nuevas características hasta llegar a tener todos los requisitos completos.

Cabe aclarar que se fueron haciendo algunas modificaciones a la metodología de acuerdo a las necesidades que se presentaron en el transcurso del proyecto, como en algunas semanas se extendió el sprint que tenía como duración inicial una o dos semanas llegó a durar entre tres a cuatro. Todos estos cambios teniendo en cuenta los límites de tiempo y recursos planificados para el desarrollo del proyecto.

6.1. Elección del Caso de Estudio

Teniendo en cuenta los procesos que se desarrollan en la Pontificia Universidad Javeriana Cali, y más específicamente en la Facultad de Ingenierías y Ciencias, se identifica el proceso de impresión 3D del CAP, el cual es utilizado por las diferentes Carreras de la Facultad y en varias materias es fundamental para el desarrollo de proyectos. En consecuencia el funcionamiento correcto y efectivo de este proceso significa el beneficio de una gran parte de la población de la facultad. Además, después de una reunión con su Coordinador, Juan David Contreras, se evidencian algunas falencias y mejoras que se pueden realizar al proceso, por lo tanto, se ve la oportunidad ideal de ser elegido como caso de estudio para este proyecto. También este caso cuenta con dispositivos OT y tecnologías IT lo cual es uno de los requisitos fundamentales que debe tener el caso de estudio. Con esto se resuelve el objetivo especifico número tres.

6.2. Análisis del proceso

6.2.1. Análisis cualitativo

Analizar procesos de negocio es arte y ciencia[4]. El análisis cualitativo es el lado artístico del proceso de análisis.

En [4] se trabajan un conjunto de técnicas para el análisis de proceso cualitativo. Primero se presentan dos técnicas enfocadas a identificar pasos innecesarios del proceso (análisis de valor agregado) y fuentes de desperdicios (análisis de desperdicios), de las cuales sólo se va a trabajar con la técnica de análisis de valor agregado. Luego, se presentan técnicas para identificar y documentar el problema en un proceso desde múltiples perspectivas y para analizar las causas de fundamentales de los problemas, de las cuales se escoge la técnica del análisis de stakeholder para aplicar en el proceso de negocio. Las razones por las cuales se escogieron usar el método de valor agregado y la técnica de análisis de stakeholder fue debido a, primero al alcance del proyecto ya que la fase de modelado a la que se planea llegar no necesita de hacer otros tipos o métodos de análisis más profundos y el proyecto cuenta con un tiempo reducido. Segundo, el caso de uso el cual consiste en el proceso de impresión 3D, no cuenta con mucho material ni es un proceso muy grande o completo por lo que algunas técnicas como la de análisis de desperdicio no sirven, ya que el proceso no tiene muchos desperdicios que analizar. Por último, el análisis de stakeholder también se ve reducido en una parte considerable, ya que como es planteado en [4] abarca muchos actores y para el caso de estudio escogido estos actores no están presentes.

6.2.1.1. Valor agregado

El análisis de valor agregado[4] es una técnica que se usa para identificar pasos innecesarios en un proceso buscando eliminarlos, se pueden considerar como pasos una tarea o una parte de la tarea. Este es un paso el cual genera un valor o satisfacción al cliente. Cuando se va determinar si un paso genera o no un valor agregado, es útil preguntarse lo siguiente: ¿Está el cliente dispuesto a pagar por este paso?, ¿El cliente valora el paso lo suficiente para seguir con el negocio?, ¿Si se elimina este paso el cliente percibirá que el producto final es menos valioso?. Para concretar este análisis y después de realizar las preguntas antes presentadas, cada paso se categoriza en una de las siguientes categorías:

- Valor Agregado (VA): El paso produce un valor o satisfacción al cliente y si se elimina este paso el cliente va a percibir que el producto final o proceso final es de menor calidad o le faltan cualidades.
- Valor Agregado del Negocio (BVA): El paso es necesario o útil para que el negocio funcione de manera correcta y genere ganancias, o es necesario por parte de las regulaciones del negocio.
- Sin Valor Agregado (NVA): El paso no se encuentra en ninguna de las otras dos categorías.

6.2.1.2. Análisis de valor agregado del proceso de impresión 3D

Relevancia	Tarea
VA	Enviar correo solicitando la impresión 3D junto al archivo STL por parte del estudiante.
VA	Esperar a que el modelo esté listo por parte del estudiante.
NVA	Recibir el correo enviado por el estudiante por parte del monitor del CAP.
NVA	Esperar que el profesor envíe el correo autorizando la solicitud del estudiante por parte del monitor del CAP.
NVA	Enviar el correo de autorización por parte del profesor.
VA	Parametrizar la impresión en Cura por parte del monitor del CAP.
BVA	Registrar la solicitud con tiempo y cantidad de material por parte del monitor del CAP.
VA	Mandar a imprimir el modelo por parte del monitor del CAP.
VA	Esperar a que se imprima el modelo por parte del monitor del CAP.
VA	Revisar el modelo impreso por parte del monitor del CAP.
VA	Entregar el modelo impreso al estudiante por parte del monitor del CAP.
VA	Recibir el modelo por parte del estudiante.

Cuadro 6.1: Análisis de valor agregado del proceso de impresión 3D

6.2.1.3. Análisis de Stakeholder

En el análisis del proceso del negocio[4] se debe tener en cuenta que siempre es posible hacer mejor las cosas, se puede evidenciar en múltiples casos que cada uno de los procesos de negocio, por más de que se optimicen y estén en constante cambio sufren problemas. Siempre van a haber errores y pasos innecesarios en los procesos de negocio que se desempeñan a diario. Por lo tanto, una tarea muy importante en el análisis del proceso de negocio, es identificar y documentar los problemas que afectan el desempeño de un proceso. Parte del trabajo de un analista de procesos es identificar y documentar las problemáticas que afectan la realización de un proceso. Para este fin, el analista recopilará la información de múltiples fuentes y entrevistará las partes interesadas, principalmente.

Los participantes ven el proceso desde el interior. Es probable que los participantes del proceso vean defectos que surgen de transferencias en el proceso, mientras que los clientes no necesariamente ven estos defectos si se corrigen internamente. Generalmente, los participantes normalmente son capaces de proveer información con respecto a los desechos en el proceso, no solo defectos, sino también los desechos de transporte, movimiento y espera (surgen de las transferencias), así como el procesamiento excesivo.

Las partes externas pueden tener una variedad de preocupaciones, dependiendo de su papel en el proceso. Los proveedores y los subcontratistas se preocupan por tener un flujo constante o creciente del trabajo del proceso, siendo capaces de planear su trabajo con anticipación y poder

cumplir con los requisitos contractuales. En otras palabras, les preocupa la previsibilidad, y podrán ver oportunidades para mejorar sus interacciones entre sus propios procesos y los procesos en los que son integrados.

Muy seguramente el propietario del proceso y los directores operativos, se preocupen por las medidas de desempeño del proceso, bien sean tiempos de ciclo elevados o tiempos de procesamiento elevados. De hecho, los tiempos de procesamiento están directamente relacionados con los costos laborales y por ende afectan la eficiencia del proceso. El propietario de un proceso también puede preocuparse por los defectos comunes del proceso, así como la sobreproducción. El propietario del proceso y otros directores generalmente se preocupan por el cumplimiento de la política interna y las regulaciones externas.

En el caso del proceso de negocio seleccionado, las partes involucradas, que se tendrán en cuenta para el análisis son: el dueño del proceso que en este caso va a ser Juan David Contreras, Coordinador del CAP, y el director operacional que en este proceso van a ser los diferentes monitores del área de impresión 3D del CAP.

6.2.1.4. Registro de problemas

Debido a que el análisis de Stakeholder ayuda a identificar problemas desde diferentes perspectivas, se debe registrar y organizar esta información para poder identificar con claridad su impacto en el proceso. Los registros de problemas se van a documentar en forma de lista con una estructura previamente definida.

Para el proceso de impresión 3D del CAP se identificaron los problemas indicados en el Cuadro 6.2, los cuales han sido ordenados de manera temporal según el orden de ejecución que se puede evidenciar en la Figura 2.1

Cuadro 6.2: Registro de problemas del proceso de impresión 3D del CAP

Problema 1: Los interesados demoran en enviar los correos para autorizar
Prioridad: 3
Descripción: Para poder realizar una impresión 3D, se necesita de un docente de la Universidad que autorice al estudiante. Sin embargo, esto se hace de forma manual y el docente debe enviar un correo electrónico al CAP, por cada estudiante que desee autorizar, y el monitor del CAP encargado de la impresión 3D debe revisar de forma manual entre los correos, que cada estudiante sea autorizado.
Datos y suposiciones: El monitor del CAP emplea una parte importante de su tiempo revisando los correos electrónicos, entre 5 minutos por 50 estudiantes aproximadamente, en lugar de prestarle atención a otras actividades que requieran más supervisión por parte del monitor.
Impacto cualitativo: La calidad del producto final puede verse afectada debido a que se destinó mucho tiempo a otra tarea de menor importancia.
Impacto cuantitativo: 5 minutos x 50 estudiantes = 250 minutos al semestre

Problema 2: Los estudiantes no envían el modelo correctamente
Prioridad: 2
Descripción: Cuando los estudiantes envían el modelo al monitor del CAP, muchas veces no se encuentra parametrizado de forma correcta, ya sea por el tamaño o por características que no permitan su impresión correcta
Datos y suposiciones: El monitor debe revisar y corregir cada modelo que le llega al correo electrónico para que sea impreso y en los casos que se deban hacer correcciones mayores o cambios en el modelo, ya debe ser el estudiante quien haga la corrección. En el caso del monitor, este proceso demora aproximadamente 5 minutos, y en el del estudiante se demora entre 10 a 30 minutos dependiendo de la complejidad del cambio.
Impacto cualitativo: No aplica
Impacto cuantitativo: 5 minutos x 50 estudiantes = 250 minutos al semestre

Problema 3: El agendamiento por parte del encargado de las impresiones no es óptimo
Prioridad: 1
Descripción: El agendamiento de las impresiones 3D en las máquinas disponibles se hace de forma manual y a criterio del monitor, lo cual en la mayoría de casos no resulta óptimo ya que no se tienen en cuenta muchos factores que permiten realizar un mejor agendamiento.
Datos y suposiciones: Se desaprovecha el tiempo que puede ser empleado para realizar impresiones, diariamente se pueden llegar a desaprovechar entre 2 a 6 horas de impresión aproximadamente en los 80 días que puede llegar a tener un semestre académico.
Impacto cualitativo: No aplica
Impacto cuantitativo: (2 , 6) horas x 80 días = (160 , 480) horas al semestre aproximadamente.

Problema 4: Se debe registrar de forma manual el tiempo y material
Prioridad: 4
Descripción: El monitor debe registrar en una hoja de Excel los datos de tiempo y material arrojados por el programa en el que se parametriza la impresión 3D
Datos y suposiciones: Se pierde tiempo y orden al tener que hacer de forma manual el registro del tiempo y materia que se utiliza en cada impresión, estos datos los arroja de manera automática el software de parametrización por lo que se podría hacer de forma casi que inmediata y una persona se demora entre 2 a 3 minutos por cada impresión.
Impacto cualitativo: Se deja espacio para que hayan errores al momento de digitar los datos.
Impacto cuantitativo: (2 , 3) minutos x 50 estudiantes = (100 , 150) minutos al semestre

6.2.1.5. Diagrama de Causa y Efecto

Para el análisis de la prioridad de los problemas se va a utilizar una variación del análisis de causa y efecto donde para la categorización se usaron las 6M [4], que consisten en **Máquina** (tecnología), **Método** (proceso), **Material**, **Mano de obra**, **Medida**, **Entorno** (*Milieu*).

1. **Máquina:** Los factores que se relacionan con la tecnología empleada, como por ejemplo fallas de software, hardware, redes o de sistema, que puede ocurrir en los sistemas de información que apoyen un proceso de negocio.

2. **Método:** Los factores derivados de la forma en que se define el proceso o se entiende la forma en que se realiza. Un ejemplo de esto es cuando un participante A de un proceso determinado, piensa que otro participante B le enviará un correo a un cliente, pero el participante B no lo envía porque no sabe que debe enviarlo.

3. **Material:** Los factores derivados de las materias primas, consumibles, o información requerida como entrada por las tareas en el proceso, como por ejemplo datos incorrectos que conducen a una decisión incorrecta tomada durante el proceso de ejecución. La diferencia entre materias primas, consumibles e información provee una posible sub-categorización de estos factores.

4. **Mano de obra:** Los factores del hombre relacionados con una evaluación incorrecta o un paso realizado incorrectamente, como por ejemplo un gestor de reclamos que acepta una reclamación aún cuando los datos de la reclamación y las reglas empleadas para evaluar la reclamación, requieren que la reclamación sea rechazada.

5. **Medida:** Los factores relacionados con la medición o los cálculos hechos durante un proceso. En el contexto de un reclamación de un seguro, un ejemplo es aquel en el que se calcula mal la cantidad que se debe pagar al cliente debido a una estimación inexacta de los daños reclamados.

6. **Entorno:** Los factores que se derivan del entorno en los que el proceso es ejecutado, como por ejemplo factores originarios del cliente, proveedores u otros actores externos. En este caso, el actor originario es una posible sub-categorización. Generalmente, los factores de entorno están fuera de control de los participantes del proceso, el propietario del proceso y otros gerentes de empresa.

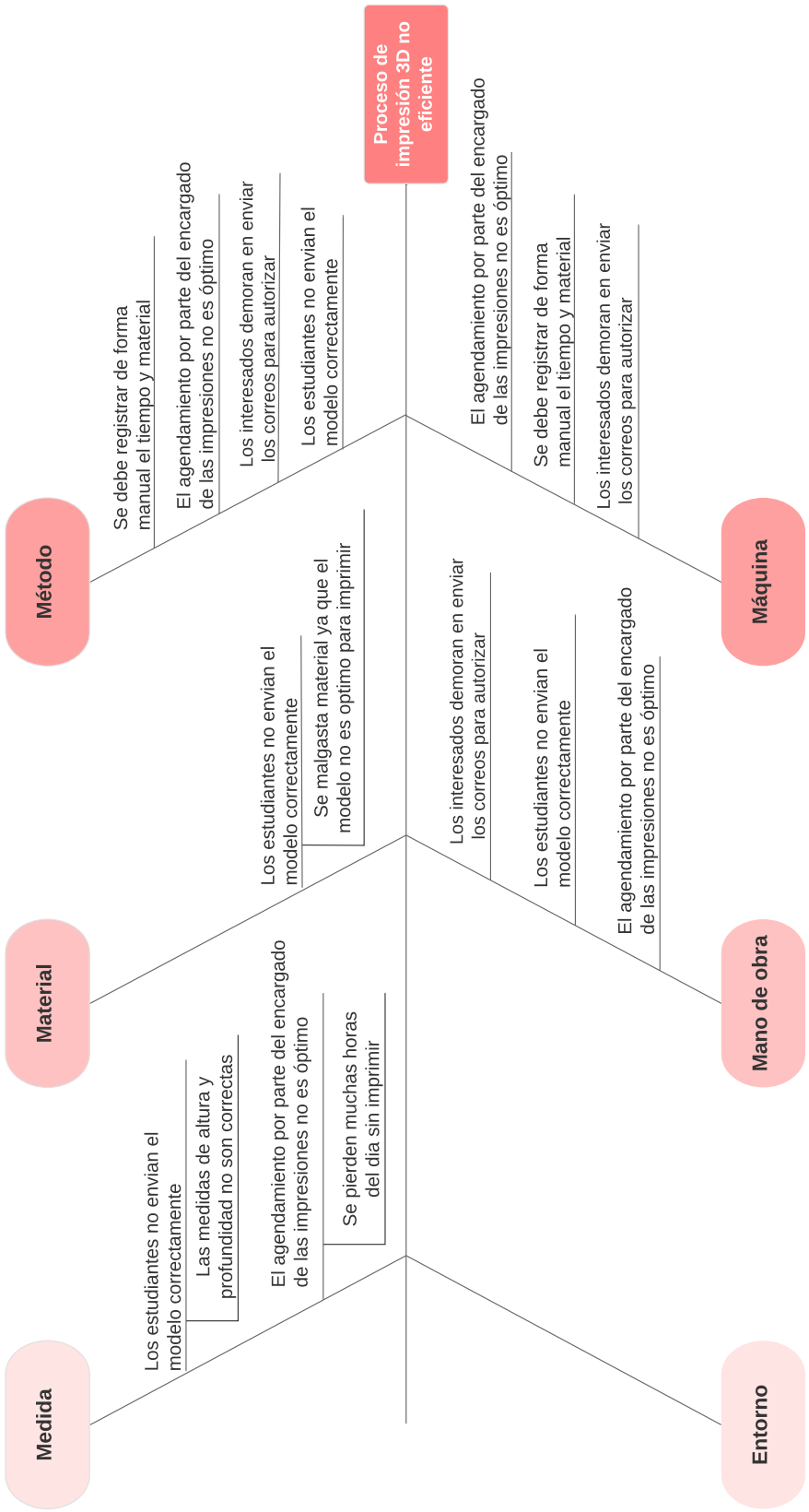


Figura 6.1: Diagrama de causa y efecto

De acuerdo con el diagrama de causa y efecto presentado en la Figura 6.1, al analizar cada problema ubicado según el Cuadro 6.2, donde se le ubicó en las categorías donde tiene influencia, se selecciona la prioridad teniendo en cuenta en cuántas categorías está ubicado así como la importancia de las categorías en el proceso de impresión 3D del CAP. Por lo tanto el problema 3 que se ubica en cuatro categorías, tiene prioridad 1, el problema 2 que se ubica en cuatro categorías tiene prioridad 2, el problema 1 que se ubica en tres categorías tiene prioridad 3, el problema 4 que se ubica en dos categorías tiene prioridad 4. Como se puede evidenciar el problema 3 y 2, se ubican de igual forma en cuatro categorías, por lo cual, según el criterio planteado pueden tener la misma prioridad. Sin embargo, teniendo en cuenta que las categorías no tienen la misma importancia, la categoría de Máquina cuenta con mayor importancia que la de Material, por lo tanto, el problema 3 tiene mayor prioridad que el 2.

6.3. Elementos del rediseño

6.3.1. Clientes internos o externos

El cliente para el proyecto es el CAP, el cual es el que se ve beneficiado por el sistema y el cual necesita de la implementación de la integración IT/OT.

6.3.2. Vista operacional del proceso de negocio

Dentro del proceso existen 3 actividades:

- Parametrizar la impresión
- Registrar la solicitud con los datos de tiempo y cantidad de material
- Revisar el modelo ya impreso.

Tareas son 6:

- Enviar el correo por parte del estudiante
- Enviar el correo por parte del profesor
- Recibir el correo del profesor con la autorización
- Mandar a imprimir el modelo
- Entregar el modelo al estudiante
- Recibir y revisar el modelo por parte del estudiante

Con este reconocimiento de las actividades y tareas que se llevan a cabo en el proceso de negocio se cumple el objetivo especifico número cuatro.

6.3.3. Vista del comportamiento del proceso de negocio

El comportamiento del proceso de negocio de la impresión 3D en el CAP, está modelado en BPMN en la Figura 2.1

6.3.4. Organizaciones y participantes del proceso de negocio

La estructura organizacional del proceso está dividida en dos partes: la Universidad y los estudiantes, así mismo los roles son 3, en la Universidad están los roles del profesor, del encargado de la impresión en el CAP y por la parte de los estudiantes es cada estudiante. Dentro de la Universidad como unidades están el CAP y el departamento al que pertenece el profesor que requiera la actividad de impresión 3D.

Los individuos relacionados con el proceso de negocio en general son tres, el encargado de la impresión 3D en el CAP, que puede ser un estudiante monitor o directamente el coordinador del CAP, la otra persona es el profesor de la Universidad, que deja el trabajo a los estudiantes y genera la autorización ante el CAP para que puedan imprimir, y por último el estudiante que es el que manda la solicitud y el modelo a impresión.

6.3.5. Información generada o usada por el proceso de negocio

Como información usada por el proceso de negocio, está el modelo 3D que entrega el estudiante, de esta información el proceso genera datos de tiempo y material que van a ser utilizados.

6.3.6. Tecnología utilizada por el proceso de negocio

Como tecnologías utilizadas está el correo electrónico, el software Ultimaker Cura, computador de escritorio, máquina 3D que cuenta con un controlador Arduino y software propio de Arduino.

6.3.7. Entorno exterior en el que se sitúa el proceso de negocio

El entorno es estudiantil ya que el CAP, que es donde se encuentra el proceso de impresión 3D, se ubica en el interior de la Pontificia Universidad Javeriana Cali.

6.4. Órbita de Rediseño

En la Figura 6.2 se puede distinguir un completo espectro de métodos de rediseño de procesos de negocio. Se visualizó este espectro como la órbita de rediseño como se muestra en la Figura. Como se explica en [4] el eje vertical distingue los métodos transaccionales que se posicionan en el lado izquierdo de la Figura, de los métodos transformacionales en el lado derecho. Similarmente, el eje horizontal en la órbita de rediseño, muestra la diferencia entre los métodos creativos y los analíticos. El circulo interno de la órbita de rediseño contiene los métodos que se pueden caracterizar, como orientados hacia adentro, mientras que los métodos por fuera del círculo tienen una naturaleza hacia

afuera.

Se distingue entre los métodos transaccionales y transformacionales, que el método transaccional apoya la identificación de problemas o cuellos de botella en un proceso y luego ayuda a resolverlo de forma incremental. Un método transaccional no desafía los cimientos existentes, por el contrario busca mejorar el proceso general gradualmente. Un método de transformación tiene como objetivo lograr un avance, el cambio a gran escala. Este cuestiona los supuestos y principios fundamentales detrás de un proceso existente y su objetivo es romper radicalmente con ellos.

Los métodos de rediseño también difieren con respecto a su naturaleza, con el analítico y creativo como polos opuestos. El método de rediseño analítico se caracteriza por una base matemática y el uso de técnicas cuantitativas.

Un método de rediseño introspectivo tiene en cuenta como base la organización en la que se encuentra el proceso de negocio. En estos métodos los intereses y factores importantes de la organización son la parte central. Un método de rediseño enfocado en el exterior, tiene como principio los entes externos al proceso como en algunos casos el cliente o terceros.

Teniendo en cuenta las anteriores definiciones con las que se basó para escoger el método deseado y correcto para el rediseño del proceso de negocio, se analiza entre los métodos transaccionales y transformaciones, decidiéndose el uso de los métodos transaccionales, debido a que estos apoyan la identificación de problemas y ayuda a resolverlos, lo cual es lo que se ha venido trabajando en el proyecto. Por otra parte, buscando optimizar el proceso ya existente e irlo mejorando sin cambiar por completo el proceso, lo cual es lo que buscan hacer los métodos transaccionales. Continuando con el análisis y la decisión del método, se escoge un método que sea analítico, ya que se basa en cifras y cantidades, con lo que se cuenta en el proyecto y es lo que se busca mejorar, teniendo en cuenta los tiempos y cantidades de material como factores importantes a mejorar en el proceso de negocio. Por último, se decide un método introspectivo, debido a que el proceso de negocio y los datos que se han recolectado de este son de la misma organización y de los actores internos del proceso como el dueño y gerente o monitor.

Contando con diferentes opciones dentro del grupo de métodos factibles para el rediseño, los cuales se pueden evidenciar en la órbita de rediseño en la Figura 6.2, para la decisión final se basa en el texto [4], en el cual se explica muy bien y se toma como referencia de un método transaccional y analítico, se escoge el método Heurístico de rediseño de proceso.

6.5. Método Heurístico de Rediseño de Proceso

En el método heurístico se hace énfasis en la consideración sistemática de una extensa gama de principios de rediseño, lo que lo convierte en un enfoque analítico. Se enfoca en las heurísticas de rediseño, las cuales son una gran cantidad y es donde este método encuentra su gran fortaleza. Para

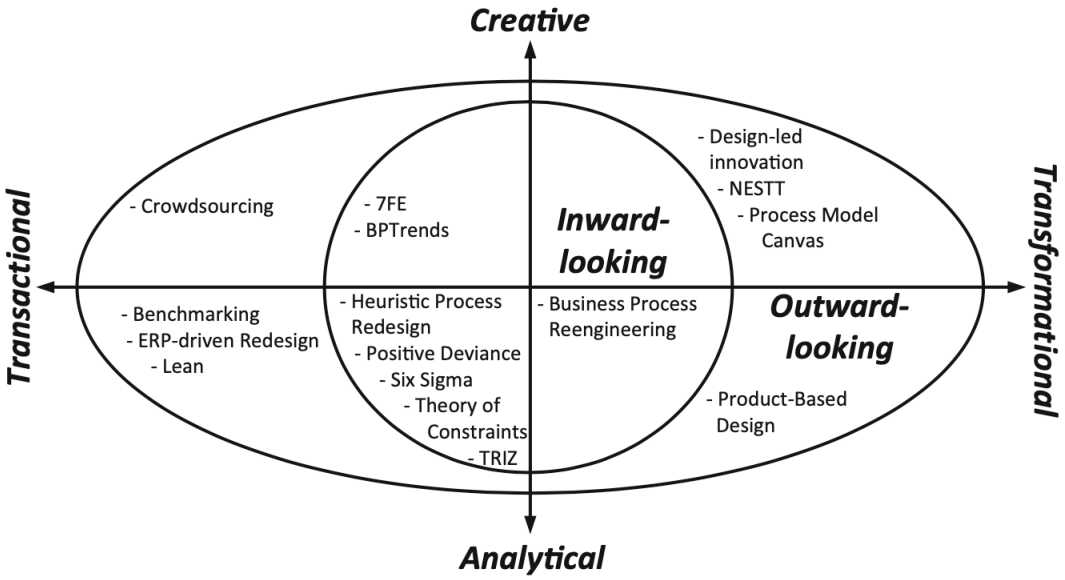


Figura 6.2: Órbita de Rediseño. Tomada de [4]

la explicación del rediseño de procesos, se enfocará en el desafío técnico de generar un nuevo diseño de procesos. A continuación se explicarán la etapas que son importantes para el método y seguido, se explica en qué consisten las heurísticas de rediseño, las cuales son el factor más importante de este método.

6.5.1. Etapas:

1. **Inicio:** En la primera etapa, el proyecto de rediseño se configura. Hay muchas medidas organizacionales que se deben tener en cuenta, como por ejemplo, configurar el equipo del proyecto. Desde una mirada técnica los objetivos más importantes son:

   a) Crear una comprensión de la situación existente

   b) Configurar los objetivos para el proyecto de rediseño.

2. **Diseño:** Dados los resultados de la etapa inicial, la etapa de diseño hace uso de una lista fija de heurísticas de rediseño para determinar posibles acciones de mejora en el proceso existente. Para cada objetivo de desempeño, se necesita que el equipo del proyecto reflexione sobre las heurísticas relevantes que se puedan aplicar. Es deseable aplicar una heurística de rediseño si facilita la mejora del rendimiento deseada del proceso en consideración. Después de que se haya determinado qué heurísticas de rediseño serán útiles, cobra sentido ver si se pueden

conformar grupos de estos. Para algunas heurísticas, puede tener sentido aplicarlas juntas, para otras no.

3. **Evaluación:** Esta es la etapa en la que se deben evaluar los diferentes escenarios de rediseño desarrollados en la etapa anterior. Esta evaluación se puede realizar en una forma cualitativa. En muchos entornos prácticos, se emplea una combinación de ambos cuando un grupo de expertos evalúa el atractivo de los diversos escenarios y donde los estudios de simulación se usan para respaldar la elección de un escenario en particular que se desarrollará aún más, potencialmente hasta que sea implementado. En esta etapa puede ocurrir que ninguno de los resultados sea atractivo de seguir o se considere lo suficientemente importante como para establecer la mejora de desempeño deseable. Dependiendo del resultado exacto, una decisión puede ser ajustar los objetivos de desempeño, devolverse a la etapa de diseño o renunciar al proyecto de rediseño por completo.

6.5.2. Heurísticas de Rediseño

El componente principal de la etapa de diseño es la evaluación metodológica de un conjunto de heurísticas de diseño. Las heurísticas de diseño se pueden ver como unas reglas generales para derivar un proceso diferente de uno existente. Durante la etapa de diseño, para cada uno de los objetivos de desempeño, se debe hacer una evaluación de las heurísticas de rediseño. Esta evaluación se debe enfocar en esas heurísticas que se sabe que producen mejoras en la dimensión particular del objetivo de desempeño. Para ver la lista completa de heurísticas se puede consultar el Apéndice A del libro [4]

Capítulo 7

Resultados y Discusión

7.1. Desarrollo

7.1.1. Inicio

Primero se comienza creando un modelo con el cual se pueda comprender la situación existente del proceso de negocio. Para esto, se usa la información ya recolectada y el modelo que se plantea en la sección 6.3. Después de tener amplio entendimiento del proceso de negocio, sus cliente, vistas, participantes, información, tecnologías y entorno, se procede a realizar un análisis del proceso, que se puede evidenciar en la sección 6.2. En este análisis se plantean los 4 problemas principales con los que cuenta el proceso y los cuales se plantean mejorar con el rediseño. Por otra parte, en el análisis se plantea un diagrama de causa y efecto, que ayuda a entender las áreas afectadas por los problemas y así mismo su prioridad frente al proceso de negocio.

Siguiendo con la etapa inicial, se deben establecer los objetivos de rendimiento esperados con el rediseño del proceso de negocio. A cada problema previamente identificado en el Cuadro 6.2, se le va a asignar un objetivo de rendimiento explicando lo que se espera mejorar de este.

7.1.1.1. Objetivos de Rendimiento

1. Se espera que se agenden las impresiones 3D de la manera más eficiente para mejorar los tiempos y costos del proceso. Este objetivo hace referencia al Problema 3.

2. Se espera que los modelos recibidos se encuentren debidamente parametrizados, mejorando el tiempo del proceso de impresión y la calidad de los modelos. Este objetivo hace referencia al Problema 2.

3. Se espera que la recepción de las autorizaciones se haga en un menor tiempo y que sea de forma más ordenada. Este objetivo hace referencia al Problema 1.

4. Se espera que el registro del tiempo y material se haga de forma inmediata y organizada. Este objetivo hace referencia al Problema 4.

7.1.2. Diseño

7.1.2.1. Selección de Heurísticas de Rediseño

Para la selección y clasificación de las heurísticas se van a utilizar las 4 categorías mencionadas en *The Devil's Quadrangle* que se plantea en el Capítulo 8 del libro [4], las cuales son **Tiempo**, **Costo**, **Calidad** y **Flexibilidad.** En el texto [4] se explica cómo en un proceso ideal se debe bajar el tiempo requerido, bajar los costos de ejecución, mejorar la calidad e incrementar la resistencia a la variación del proceso, lo cual sirve como una ayuda a entender qué tipo de mejora ayuda a solucionar cada heurística y ayuda a enfocarse en el campo que realmente se está buscando solucionar o mejorar.

Para la asignación de las heurísticas se tiene en cuenta la lista de heurísticas presentes en el Apéndice A del libro [4] y dependiendo de lo que cada heurística ayude a solucionar y lo que se busca lograr en el objetivo de rendimiento se va haciendo la asignación por cada objetivo.

- **Objetivo de rendimiento 1:** Se espera que se agenden las impresiones 3D de la manera más eficiente para mejorar los tiempos y costos del proceso

Tiempo	Costo	Calidad	Flexibilidad
Integración Eliminación de actividad Paralelismo Asignación flexible Recursos extra Automatización de actividades Interfaz	Integración Eliminación de actividad Automatización de actividades	Asignación flexible Automatización de actividades Tecnología integral Interfaz	Asignación flexible Recursos extra

Cuadro 7.1: Selección heurísticas de rediseño del Objetivo de rendimiento 1

- **Objetivo de rendimiento 2:** Se espera que los modelos recibidos se encuentren debidamente parametrizados, mejorando el tiempo del proceso de impresión y la calidad de los modelos.

Tiempo	Costo	Calidad	Flexibilidad
Asignación de casos Responsabilidades divididas Buffering Automatización de actividades Interfaz	Automatización de actividades	Reubicación de control Asignación de casos Responsabilidades divididas Adición de control Automatización de actividades Tecnología integral Interfaz	

Cuadro 7.2: Selección heurísticas de rediseño del Objetivo de rendimiento 2

- **Objetivo de rendimiento 3:** Se espera que la recepción de las autorizaciones se haga en un menor tiempo y que sea de forma más ordenada.

Tiempo	Costo	Calidad	Flexibilidad
Reducción de contacto Asignación flexible Responsabilidades divididas Participación numérica Recursos extra Buffering Automatización de actividades Interfaz	Automatización de actividades	Reducción de contacto Asignación flexible Responsabilidades divididas Participación numérica Adición de control Automatización de actividades Tecnología integral Interfaz	Asignación flexible Recursos extra

Cuadro 7.3: Selección heurísticas de rediseño del Objetivo de rendimiento 3

- **Objetivo de rendimiento 4:** Se espera que el registro del tiempo y material se haga de forma inmediata y organizada

Tiempo	Costo	Calidad	Flexibilidad
Reducción de contacto Integración Eliminación de actividades Paralelismo Buffering Automatización de actividades Interfaz	Integración Eliminación de actividades Automatización de actividades	Reducción de contacto Adición de control Automatización de actividades Tecnología integral Interfaz	

Cuadro 7.4: Selección heurísticas de rediseño del Objetivo de rendimiento 4

7.1.2.2. Diseño Global de la Solución

Con base en el planteamiento de las heurísticas de rediseño se plantea un nuevo modelo donde estas se cumplan para mejorar el proceso de negocio.

Como vista general de la solución, se plantea modificar el proceso de impresión 3D del CAP de manera que gire alrededor de una plataforma web en la cual se gestiona y se integra todo lo necesario, desde el inicio de la solicitud hasta el final y que tenga módulos para el estudiante o usuario, el profesor encargado y el CAP; además que sea una plataforma sencilla, fácil de usar y escalable.

En la Figura 7.1 se puede ver el comportamiento del proceso de negocio de impresión 3D del CAP modelado en BPMN, en este nuevo comportamiento se ve que se pueden ejecutar muchas más tareas de forma concurrente o paralelas y se le quita un poco la carga de las tareas o actividades al monitor del CAP encargado del proceso de impresión 3D. En este modelo se ve cómo se

hace una integración IT al proceso del negocio ya que varias tareas que se ejecutaban en distintas partes o hasta de forma manual ahora se hacen a través de una única plataforma. Como ejemplo de esto son la parte de verificación del modelo, agendamiento de la impresión 3D y el registro de tiempo y material que antes se hacían de forma separada ahora es tarea de la plataforma hacerlo. Un ejemplo de esto son las actividades y tareas de verificar el modelo, agendar la impresión 3D y registrar la cantidad de materia y tiempo utilizado por la impresión. Todo esto antes se hacía en diferentes plataformas y de forma manual; con el nuevo modelo se hace todo en la misma plataforma.

De lo anterior se puede evidenciar cómo para el planteamiento del nuevo modelo del proceso de negocio, Figura 7.1, se trabajaron las heurísticas seleccionadas en la sección anterior ya que para poder determinar qué era lo mejor y cómo debía ser el nuevo modelo se basó en lo que las heurísticas planteaban.

Un ejemplo de esto es que si se buscaba mejorar el tiempo, se debía tener más paralelismo, integración, automatización de actividades, entre otras heurísticas y en el nuevo modelo como se explicó anteriormente, ya varias actividades se ejecutan de manera paralela como lo es recibir el modelo y solicitar la autorización del encargado.

Además, siguiendo con las heurísticas se integraron varias actividades en una sola plataforma que las realiza de forma automática mejorando tiempo, costos y calidad. También, si se buscaba seguir mejorando la calidad, las heurísticas planteaban añadir más control y tener una interfaz uniforme, por lo cual en el modelo se puede ver cómo ahora el que revisa el modelo es la plataforma teniendo mayor control y varias actividades del proceso también se ejecutan en la plataforma, por lo tanto se cuenta con un interfaz uniforme en la mayoría del proceso.

De esta manera fue que teniendo en cuenta las heurísticas de rediseño se logró plantear un nuevo modelo que cumpliera con lo que se estaba buscando.

Con el nuevo modelo del proceso de negocio presentado y la adición de la plataforma web se da cumplimiento al objetivo general del proyecto.

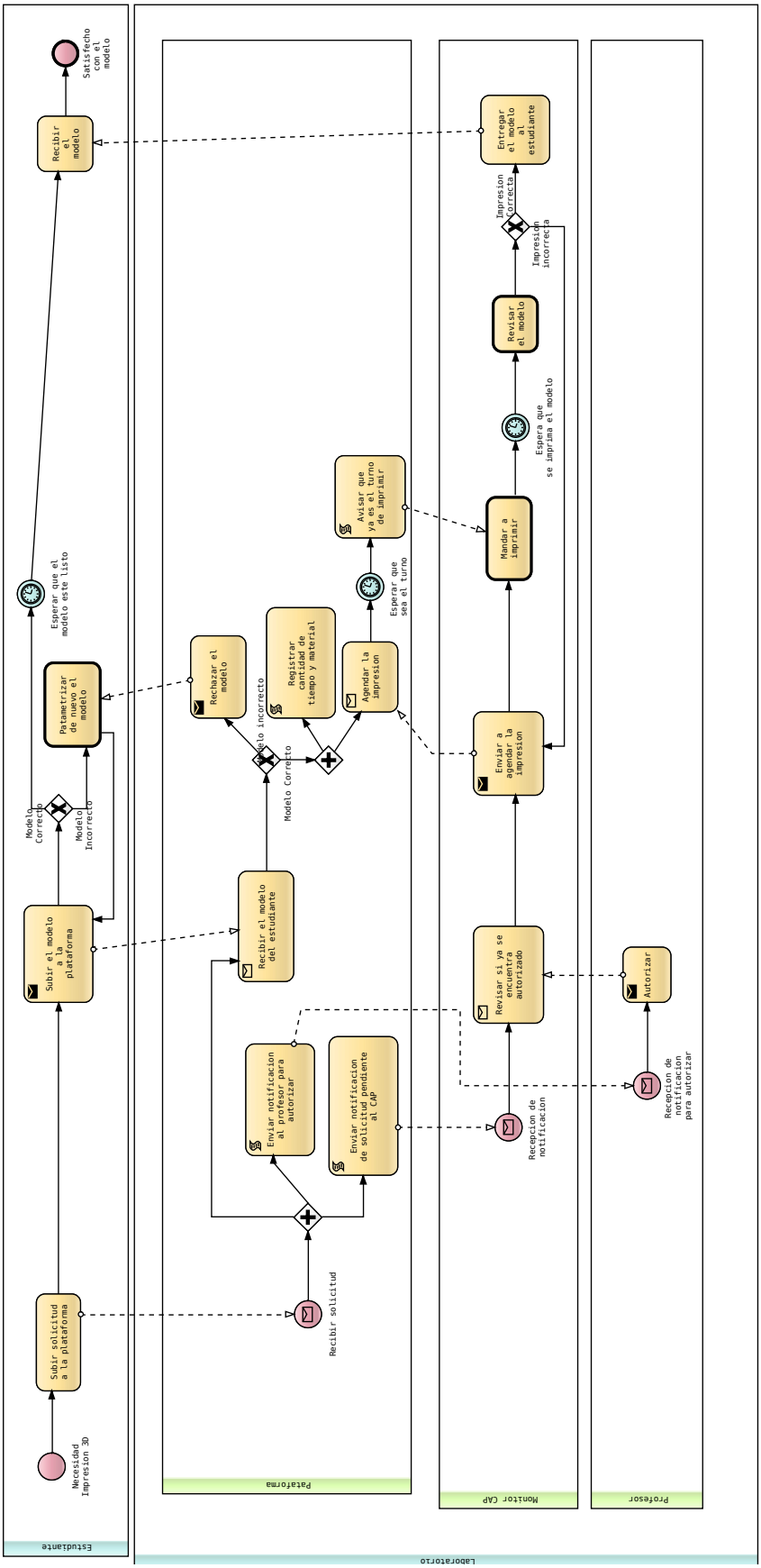


Figura 7.1: Vista del nuevo comportamiento del proceso de negocio rediseñado en BPMN

7.1.2.3. Solución a los Objetivos de Rendimiento

Después de formular las heurísticas de rediseño, se procede a diseñar y modelar las soluciones a cada uno de los objetivos de rendimiento planteados, teniendo en cuenta las heurísticas que se identificaron para cada objetivo. El orden en el que se va a plantear la solución de cada objetivo, se basa en el orden en el que se va a ir interactuando con la plataforma que se propone como solución, comenzando con el objetivo de rendimiento 3, debido a que en este objetivo se desarrolla la primera parte de la plataforma con la que los usuarios van a interactuar.

Objetivo de rendimiento 3: Se espera que la recepción de las autorizaciones se haga en un menor tiempo y que sea de forma más ordenada.

Teniendo en cuenta las heurísticas de rediseño se plantea crear una plataforma donde se integre el proceso de envío y recepción de las autorizaciones para que toda la información respecto a la solicitud de impresión se pueda encontrar en una misma parte, la plataforma permite:

1. Que las dos partes de la solicitud de impresión, el estudiante que manda la solicitud y el profesor que la autoriza lo puedan hacer al tiempo y en la misma plataforma.

2. La plataforma permite notificar la solicitud al profesor o encargado de autorizarla, para que lo haga en el menor tiempo posible sin necesidad de que el estudiante o interesado le recuerde.

3. Por otro lado, todo esto se hace en una plataforma con una interfaz clara y amigable con el usuario, para que todo el tiempo que el proceso de impresión se encuentre activo sea fácil revisar las autorizaciones y si falta alguna autorización.

4. Por otra parte en esta misma plataforma, se integra la función de subir la solicitud del proceso de impresión 3D y su autorización por las partes interesadas.

5. Tener una plataforma donde se encuentre toda la información de las autorizaciones de cada proceso o solicitud de impresión, permite tener actualizada en tiempo real y ordenada la información relacionada.

6. Por otra parte, se plantea que la plataforma sea una aplicación web que funcione en unos servidores capaces de soportar el tráfico de solicitudes, que se encuentre disponible todo el tiempo y que sea confiable para guardar la información que la plataforma almacena sin que se pierdan los datos en algún momento.

Inicialmente, la plataforma desde el interfaz del estudiante permite crear una nueva solicitud o ver las creadas como se puede observar en la Figura 7.2.

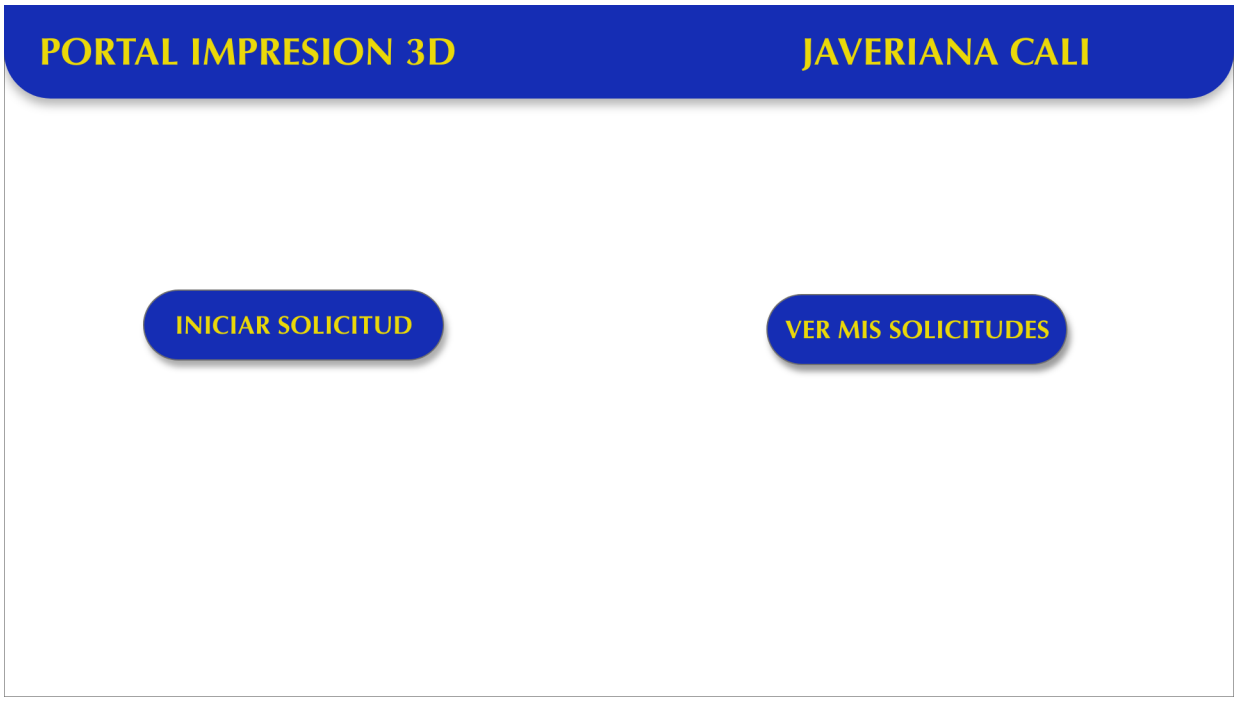


Figura 7.2: Inicio vista Estudiante

Después en un formulario bastante intuitivo y sencillo, el estudiante selecciona la materia a la cual pertenece el trabajo de impresión 3D, y por último el profesor encargado envía la solicitud para ser aprobada como se puede ver en la Figura 7.3

Figura 7.3: Formulario de solicitud del Estudiante

Por otra parte, en la interfaz del profesor se pueden ver las solicitudes que tiene pendiente de aprobación, en esta se evidencia el nombre del estudiante, materia y estado de la solicitud. Además cuenta con un botón por cada solicitud para su aprobación o si se desea se puede rechazar también. Se puede ver en la Figura 7.4

Figura 7.4: Formulario de aprobación del profesor o encargado

Por último la persona encargada en el CAP del proceso de impresión 3D, tiene un interfaz para monitorear todas las solicitudes que tiene para impresión 3D, en esta vista se muestra el nombre del estudiante, materia, estado y si se encuentra aprobado o no. Se puede ver en la Figura 7.5

Figura 7.5: Interfaz de monitoreo de las solicitudes de impresión 3D

Como se puede evidenciar en las Figuras de los prototipos, se plantea una interfaz amigable con el usuario y estándar a través de todos los pasos y las diferentes vistas, cumpliendo con lo que establecen las heurísticas de rediseño, por otra parte, se automatiza un poco más el proceso, ya que las solicitudes se hacen en la plataforma y esta las almacena, además las distribuye entre los diferentes actores sin tener que hacerlo de forma manual el estudiante o el encargado del CAP. También, permite que el proceso se ejecute de una forma más paralela, ya que al mismo tiempo que el profesor o encargado están autorizando la solicitud, el encargado del CAP ya la puede ver e ir revisando. Adicionalmente, se integran varias actividades en una sola plataforma, lo que permite que la tarea completa sea más fácil de hacer y eficiente.

Objetivo de rendimiento 2: Se espera que los modelos recibidos se encuentren debidamente parametrizados, mejorando el tiempo del proceso de impresión y la calidad de los modelos.

Teniendo en cuenta lo identificado en las heurísticas del rediseño para el objetivo de rendimiento 2, se plantea una solución donde en la misma plataforma del proceso de impresión 3D, que se viene trabajando desde el objetivo anterior, se le agregue:

1. Una funcionalidad que consiste en que el estudiante una vez hecha la solicitud de impresión 3D, en la misma plataforma suba el archivo del modelo 3D que va a imprimir.

2. La plataforma internamente revise si el modelo se encuentra debidamente parametrizado, si

las medidas de altura y ancho de este cumplen con las especificaciones de la impresora y no son demasiado grandes o pequeñas que no se pueda imprimir, y si cumple con todo lo aprueba o si no lo rechaza.

Figura 7.6: Mis solicitudes con el modelo pendiente

Como se puede ver en la Figura 7.6 en la interfaz del estudiante, donde encuentra sus solicitudes, puede gestionar la subida del modelo 3D a imprimir donde inicialmente va a estar vacío para que el lo suba a la plataforma, por lo cual en el campo MODELO no aparece ninguno y el estado es pendiente.

Figura 7.7: Mis solicitudes con el modelo rechazado

En la Figura 7.7, se puede ver cómo ya se trató de subir el modelo a la plataforma pero por no estar correcto la misma lo rechazó y el estado se cambia a RECHAZADO.

Figura 7.8: Mis solicitudes con el modelo aprobado

Por último en la Figura 7.8, se puede evidenciar cómo el estudiante subió el modelo y este pasó la revisión, por lo cual su estado es APROBADO y ya se puede ver el nombre del modelo que se encuentra subido en esa solicitud (`CARRETILLA.STL`).

En la solución planteada al objetivo de rendimiento número 2, la plataforma automatiza el proceso de revisión del modelo y que se encuentre parametrizado de manera correcta. Por otro lado, la información del modelo se mantiene en la plataforma una vez subido de forma correcta, por lo tanto se encuentra disponible todo el tiempo para que las partes interesadas del proceso de impresión 3D puedan usarlo cuando les sea necesario. Además, ya no es necesario que el monitor tenga que revisar el modelo, de esta manera libera tiempo que puede ser utilizado para otras tareas que lo requieran.

También, se reduce el número de áreas involucradas en la revisión y se le delega solamente a la plataforma. Adicionalmente, la plataforma para la revisión del modelo, se plantea como una adición o una herramienta extra a la que se viene trabajando para iniciar la solicitud de impresión, debido a que cuenta con la misma interfaz amigable y fácil de usar y así los usuarios no se tienen que acostumbrar a una nueva interfaz, sino que siguen usando el mismo que se tiene desde el inicio del proceso.

Objetivo de rendimiento 1: Se espera que se agenden las impresiones 3D de la manera más eficiente para mejorar los tiempos y costos del proceso.

Después de haber tenido en cuenta lo que se ha identificado con las heurísticas de rediseño, se plantea una mejora a la plataforma que ya se viene utilizando en este rediseño del proceso de impresión 3D del CAP, en la cual se puede:

1. Desde el escritorio de las solicitudes, el monitor encargado de las impresiones puede mandar a agendar las solicitudes que ya se encuentren con todos los requisitos listos para imprimir.

2. La plataforma una vez recibida la solicitud de agendar, teniendo en cuenta las impresiones que se están llevando a cabo, las impresoras disponibles y el tiempo de duración de la impresión que se desea agendar, le asigna un turno y una impresora para que sea impresa la solicitud. Como opción para el algoritmo se puede tener como base el algoritmo de agendar de colas de varios niveles donde según varios parámetros como prioridad, duración, entre otros se van a agendar los trabajos. De igual forma se recomienda revisar de una forma más profunda la elección del algoritmo.

3. Por otra parte, se le añade una nueva vista a la plataforma en la cual se ve en tiempo real la agenda con la que se cuenta el proceso de impresión 3D.

4. En la vista de agenda, se ve en tiempo real el proceso de cada impresión, su tiempo restante, turno, estudiante, modelo, estado e impresora.

Figura 7.9: Escritorio de solicitudes con nuevo botón de agendar

Como se puede evidenciar en la Figura 7.9, en el escritorio de solicitudes se le añade una nueva columna donde se ubica el botón de agendar, además de ello, si la solicitud no cuenta con todos los requisitos para que sea agendada o ya está lista, el botón no se encuentra disponible para que sea presionado.

Figura 7.10: Agenda de las impresiones

En la Figura 7.10, se ve la nueva vista de la plataforma donde se muestra la agenda de impresión 3D con la que cuenta el proceso, con esta vista se puede hacer un seguimiento de los turnos que se tienen, las impresoras ocupadas y los tiempos en los que se encuentra cada modelo ya agendado.

Con esta solución se eliminan actividades, ya que el agendamiento se hace directamente en la plataforma y no se necesita del monitor ni de su disponibilidad para realizarlo, así que mientras él realiza otra tarea, el agendamiento se puede hacer de forma paralela sin su intervención. Así mismo, se integra el agendamiento a la plataforma, por lo que ya viene siendo parte de todo el proceso en la misma plataforma e interfaz, lo que facilita su uso y su entendimiento por parte de los actores involucrados. Además, al ser la plataforma la que realiza el agendamiento, se tiene un mayor control de la agenda y se reducen posibles errores, pues el sistema puede evaluar muchos más factores y variables junto a un buen algoritmo, lo que permite un agendamiento mucho más eficiente.

Objetivo de rendimiento 4: Se espera que el registro del tiempo y material se haga de forma

inmediata y organizada.

Después de revisar lo que plantea el objetivo y las heurísticas de rediseño, se decide para la solución, seguir utilizando la plataforma que se ha diseñado para solucionar los anteriores objetivos y añadirle una nueva capacidad de almacenar las cantidades de tiempo y material usados en la impresión 3D, por tanto, la nueva funcionalidad logra:

1. En el momento de agendar la impresión 3D, gracias al archivo del modelo 3D a imprimir, se obtienen la cantidad de material que se va a utilizar y el tiempo aproximado que va a durar la impresión. La información se extrae del archivo `STL` ya procesado y listo para que sea enviado a la impresora 3D.

2. El archivo que recibe la impresora al momento de imprimir y que se encuentra en la plataforma cuenta con la información de material y tiempo necesario para la impresión 3D.

3. Una vez obtenida esta información, se almacena en la plataforma y se visualiza en una nueva vista que utiliza la misma interfaz que las demás vistas del sistema y muestra el estudiante, modelo y cantidad de material y tiempo utilizado por la impresión, todo esto ocurre de manera concurrente mientras se ejecutan otras tareas como lo es el agendamiento.

Figura 7.11: Cantidad de material y tiempo utilizado por impresión 3D

Como se observa en la Figura 7.11, se crea una vista donde se puede visualizar de forma sencilla y amigable la cantidad de material y tiempo que utilizó la impresión. Esta información es obtenida

de forma automática e instantánea una vez se sube el modelo correctamente parametrizado.

7.1.3. Evaluación

7.1.3.1. Simulación

Debido a ser un proyecto de diseño donde sus resultados son un modelo y un prototipo para el análisis no se contó con pruebas prácticas ni implementaciones; en cambio fue con simulaciones.

La simulación realizada fue del modelo en BPMN representado en la Figura 7.1, el cual se realizó en la plataforma de PragmaDev Process y en esa misma se puedo hacer una simulación del flujo del proceso de negocio, sin simular los tiempos y donde los resultados son poder identificar en qué orden se pueden ejecutar las tareas y qué se necesita para poder ejecutar las actividades y tareas. Sin embargo esta simulación permite identificar que varias tareas o actividades se pueden ejecutar al tiempo o que pueden ocurrir de forma inmediata sin esperar que algo ocurra.

7.1.3.2. Evaluación primer escenario de rediseño: Demora en la recepción de correos para autorizar

Después de plantear el modelo de impresión 3D con la nueva plataforma, que se planteó en el rediseño, se evaluó en tiempo y facilidad el proceso de comenzar la solicitud y aprobarla por parte del profesor que solicita el trabajo, desde la simulación ya que por ser un proyecto de diseño, la solución sólo se planteó pero no se implementó.

Teniendo en cuenta esto, el tiempo que se tenía inicialmente es que en total se demoraba entre 50 a 100 minutos en revisar si las solicitudes de impresión se encontraban aprobadas mediante un correo. Desde la nueva plataforma, donde en una sola pantalla puede ver si las solicitudes se encuentran o no aprobadas, mediante el estado, el tiempo se reduce a por lo menos un minuto o menos, según lo expresado por Juan David Contreras, Coordinador del CAP, pues expresa que buscar en la plataforma de correo electrónico es tedioso y demorado, debido a la cantidad de mensajes que reciben al día, y al ver el prototipo de la plataforma, cree que se puede hacer casi que de manera inmediata.

Por otro lado, como mejora, se puede considerar una barra de búsqueda o un filtro en los estados para hacerlo mucho mas rápido. Sin embargo, con la solución planteada, se cumple con el objetivo de rendimiento al hacerse de forma más rápida y mucho más fácil al ser una interfaz amigable y de fácil interacción. También, Juan David Contreras expresa que como mejora, se puede añadir otra opción además de escoger la materia, ya que existen otras razones para usar este servicio aparte de las materias, como lo son proyectos de grupos de investigación que tienen restricciones y procesos diferentes.

7.1.3.3. Evaluación segundo escenario de rediseño: Los estudiantes no envían el modelo correctamente

Desde la simulación y esperando que la plataforma funcione tal como se plantea, se ve una mejora significativa en el tiempo del parametrizado de los modelos, ya que esta tarea se le delega a cada estudiante y no al monitor, de igual manera ya no es el monitor el que revisa si el modelo se encuentra correctamente parametrizado o no, ya que es la plataforma la que revisa el modelo y si no se encuentra correcto le dice al estudiante para que lo corrija.

Al ser el estudiante quien hace la corrección del modelo, se vuelve más eficiente debido a que no es una persona arreglando los modelos de muchas, sino que cada uno arregla su modelo y no tiene que depender de otro que lo haga. Esto en tiempo significa que, si cada corrección en promedio se demoraba 5 minutos y en total al hacerlo una persona los 50 modelos se demoraba 250 minutos, según lo documentado y expresado por el monitor del CAP.

Sin embargo, ahora con la plataforma, cada estudiante es el responsable de parametrizar y corregir su modelo por lo cual el monitor del CAP no va a emplear tiempo en esto a excepción de casos específicos y esporádicos. En calidad también significa una mejora, ya que al tenerse más tiempo para las correcciones, se puede parametrizar la plataforma para que sea más estricta y se puedan hacer más correcciones buscando que el modelo cuente con la mejor calidad posible. Esto significa que lo planteado en el rediseño cumple con el objetivo de rendimiento.

7.1.3.4. Evaluación tercer escenario de rediseño: El agendamiento de las impresiones no es óptimo

Desde la simulación y esperando que el algoritmo de agendamiento escogido en la parte futura de implementación funcione de forma óptima, se puede bajar el tiempo desaprovechado de impresión a como mínimo 1 hora y como máximo 3 horas diarias en base a que el algoritmo que haga el agendamiento lo haga de una mejor forma a como se hace hoy en día, que según lo expresado por el Coordinador del CAP y varios usuarios del proceso no es nada óptimo, sin desperdiciar tanto tiempo y el tiempo que se desaproveche que se estima que sea entre 1 a 3 horas sea por impresiones nocturnas que no se puedan recoger o sacar de la impresora para comenzar con una nueva debido a que no se encuentre personal en el CAP por lo tarde que sea, estos tiempos en horas al semestre serían entre 80 y 480 lo que significa una optimización en tiempo de la mitad a lo que se viene dando hoy en día en el proceso de impresión 3D que sucede en el CAP.

Esto significa que en el mismo tiempo empleado se pueden lograr más impresiones 3D y los estudiantes tendrán que esperar menos por sus modelos ya impresos generando además una mejora en la experiencia de uso de este servicio del CAP. Este resultado hace que lo planteado en este escenario de rediseño cumpla con el objetivo de rendimiento.

7.1.3.5. Evaluación cuarto escenario de rediseño: Se debe registrar de forma manual el tiempo y material

Desde la simulación o lo que se espera de la plataforma en este escenario de rediseño, el registro de material y tiempo de impresión se va a hacer de forma automática por la plataforma, por lo tanto, el tiempo que el monitor va a emplear en hacer esta tarea se reduce a cero, lo que significa que es una mejora considerable, en el tiempo que requería utilizar el monitor por cada solicitud de impresión, y además, esta información va a estar alojada en la misma plataforma que se viene utilizando para todo el proceso, por lo cual en cualquier etapa va a estar disponible y va a ser fácil de entender por parte de los involucrados en el proceso de impresión

Después de esta etapa de evaluación se da por cumplido el objetivo específico número uno debido a que ya se pudo determinar los efectos de haber planteado la integración IT/OT.

7.2. Comparativa entre BPMN y UML

En esta sección se busca revisar si el uso de BPMN, como herramienta para el modelado del proceso de negocio, sí fue la más acertada o existe en UML una mejor solución que mejore el proceso y la integración IT/OT.

Para empezar se especifica que UML, es un lenguaje de modelado visual universal en el campo de la ingeniería de software, el cual consiste en una serie de diagramas integrados y ayudas para especificar, visualizar, construir y registrar los componentes de un sistema de software. Es una notación estándar para el modelado de sistemas, pero no un método de diseño de sistema. Para utilizar UML se necesita aplicar un método. Puesto que UML no está sujeto a ningún método de modelado en específico, se puede aplicar por cualquier método de diseño requerido. Es reconocido porque ha sido gestado por mucho tiempo y ha sido revisado públicamente por muchos años. La especificación de UML, es diseñada para admitir la mayoría de procesos de desarrollo orientados a objetos existentes, por ende es un lenguaje de modelado orientado a objetos.

Se identifica que UML es lenguaje de modelado orientado a objetos. Sin embargo, como se ha visto en el desarrollo del proyecto, BPMN es un lenguaje de modelado orientado a procesos, siendo esto la mayor diferencia entre los dos lenguajes. Por otra parte, UML tiene su área de aplicación enfocada a modelar y construir sistemas de software, mientras que BPMN se enfoca en diseñar modelos de procesos como son o van a ser, además de permitir mejorar los procesos.

Por lo tanto para este proyecto, donde el objetivo principal ha sido modelar uno o varios procesos de negocio y lograr una mejoría del proceso mediante integración IT/OT, UML no encaja ni puede aportar a lo que se ha buscado lograr en el proceso de negocio, debido a que se enfoca en sistemas de software y modelado orientado a objetos, dejando como mejor opción seguir usando como herramienta de modelado BPMN que sí se enfoca en los procesos y en mejorarlos.

Con esta comparativa entre BPMN y UML se cumple el objetivo específico número cinco.

Capítulo 8

Conclusiones

Gracias a que se pudo lograr el planteamiento de un rediseño del proceso de impresión 3D donde se involucre más interacción entre las IT y las OT, se logró formular un nuevo modelo en BPMN (ver Figura 7.1), donde se evidencia una mayor integración entre las IT ya que en el nuevo modelo se cuenta con una plataforma que integra varias actividades y tareas.

Se pudo identificar un caso de estudio apropiado para la integración IT/OT, el cual fue el proceso de impresión 3D en el CAP. Este proceso cumplió con las necesidades para desarrollar el proyecto hasta donde estaba planteado.

Debido a que el caso de estudio fue el apropiado, el reconocimiento de los procesos que se llevan a cabo en el se pudo lograr de forma satisfactoria y se pudo modelar en BPMN como se puede evidenciar en la Figura 2.1, donde se encuentra el modelo del proceso en BPMN.

Al momento de comparar lo realizado en BPMN durante el proyecto con las ventajas que ofrece UML, se concluyó que UML a pesar de ser una excelente herramienta no ofrece mejoras o nuevas oportunidades al proceso de impresión 3D debido que UML se centra en modelar sistemas de software y es orientado a objetos mientras BPMN sí se centra en procesos de negocio.

En el desarrollo del proyecto se pudo comprobar que logrando una buena integración entre las Tecnologías de la Información y las Tecnologías Operacionales, los efectos que esto trae son buenos, logran solucionar problemáticas que se presentan en los procesos de forma diferente a como se puede llegar a plantear en las soluciones actuales. Esto se debe a que con la integración se ha logrado automatizar tareas, las que no se necesitan se eliminaron, otras se integraron varias en una sola y como resultado se obtienen mejores tiempos, menores costos y más calidad en el proceso de negocio. Por otra parte al contar con tecnologías nuevas se lograron encontrar soluciones actualizadas y más efectivas a los problemas actuales.

La integración de las Tecnologías Operacionales del proceso, con más exactitud la impresora 3D, no se logró en el proyecto debido a que en el rediseño no se vio necesaria como una alternativa que pudiera aportar de gran forma a la solución de los problemas planteados. Sin embargo, es posible a la solución planteada en este proyecto, agregarle la integración y se deja abierto para posibles desarrollos futuros que sirvan para lograr una mejor integración y más completa.

Después de los resultados obtenidos y teniendo en cuenta las conclusiones sobre estos se puede decir que BPM es una gran alternativa para el rediseño de procesos, buscando solucionar problemas que tengan o mejorarlo, y cuenta con una gran gama de opciones para hacerlo dependiendo de cada proceso y lo que se busca, por lo cual se puede llegar a una personalización dependiendo de cada proceso de negocio.

También se concluye que BPM brinda una buena cantidad de técnicas y métodos de rediseño como el utilizado en el proyecto que fue el método heurístico de rediseño y además brinda una muy buena guía para elegir entre la variedad cuál es el método o técnica que mejor se aplica para los objetivos que se tienen en el proyecto y lo que se busca lograr con el proceso.

Después de trabajar el método heurístico de rediseño se pudo identificar que las heurísticas de rediseño que este método plantea son de vital importancia en el planteamiento de las soluciones a los problemas y además ayudan a identificar las ganancias en tiempo, costo, calidad y flexibilidad que se pueden obtener si el proceso se rediseña de forma correcta con las heurísticas seleccionadas facilitando el entendimiento de lo que se puede lograr con el rediseño.

Capítulo 9

Recomendaciones

Como primera recomendación se sugiere que como continuación del trabajo y de la integración IT/OT se plantee una integración de la plataforma diseñada con la impresora 3D y esto se puede lograr con un acercamiento desde el software Octoprint que permite conectar la impresora 3D directamente al computador ofreciendo varias herramientas para su control y manejo.

También, se recomienda explorar varias alternativas de algoritmos y entender bien qué debe tener ese algoritmo para el agendamiento de las solicitudes de impresión 3D en la plataforma planteada en este proyecto.

Bibliografía

[1] Ahmed, A., and Roy, C. Achieving IT/OT integration with AMI, distribution automation & management solutions. *2016 Saudi Arabia Smart Grid Conference, SASG 2016* (2017), 1–8.

[2] Cherrier, S., and Deshpande, V. From BPM to IoT. *Lecture Notes in Business Information Processing 308*, September (2018), 310–318.

[3] Conklin, W. A. IT vs. OT security: A time to consider a change in CIA to include Resilienc. *Proc. Annu. Hawaii Int. Conf. Syst. Sci. 2016-March* (2016), 2642–2647.

[4] Dustdar, S., Fiadeiro, J. L., and Sheth, A. *Business process management*, vol. 64. 2008.

[5] Fink, G. A., and McKenzie, P. Helping IT and OT Defenders Collaborate. *Proceedings - 2018 IEEE International Conference on Industrial Internet, ICII 2018 9*, Icii (2018), 188–194.

[6] Garimella, P. K. IT-OT Integration Challenges in Utilities. *Proceedings on 2018 IEEE 3rd International Conference on Computing, Communication and Security, ICCCS 2018* (2018), 199–204.

[7] Hagner, S. Optimizing transmission asset health with IT/OT integration. *2016 Saudi Arabia Smart Grid Conference, SASG 2016* (2017), 1–6.

[8] Meyer, T. D. Integrating the Internet of Things Into Business Process. *Lib.Ugent.Be* (2017), 2016–2017.

[9] Paper, O. W. Driving Real-Time Insight The Convergence of Big Data and the Internet of Things.

[10] Sajjadi, M., and Niknia, B. Smart Power Grid Security Services: Risk Management Approach considering both OT and IT domains. *22 International Conference on Electricity Distribution Cired 1155*, JUNE (2013), 4.

[11] Zeng, X., Garg, S. K., Strazdins, P., Jayaraman, P. P., Georgakopoulos, D., and Ranjan, R. IOTSim: A simulator for analysing IoT applications. *Journal of Systems Architecture 72* (2017), 93–107.