

**UNIVERSIDAD DE CHILE**  
**FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**REDISEÑO DE PROCESOS DE LA CALENDARIZACIÓN DE ETAPAS DEL  
EUNACOM-SP PARA LA UNIDAD DE REVÁLIDA DE LA FACULTAD DE MEDICINA  
DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE**

**PROYECTO DE GRADO PARA OPTAR AL GRADO DE MAGÍSTER EN INGENIERÍA DE  
NEGOCIOS CON TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN**

**MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL INDUSTRIAL**

**SIMÓN IGNACIO MATURANA MAGGIOLO**

**PROFESOR GUÍA:  
SEBASTIÁN RÍOS PÉREZ**

**MIEMBROS DE LA COMISION:  
PABLO CLEVELAND ORTEGA  
RICARDO MUÑOZ CANCINO**

**SANTIAGO DE CHILE**

**2022**

## RESUMEN EJECUTIVO

La revalidación de títulos de profesionales extranjeros es un tema de sumo cuidado debido a que se debe asegurar que estos tienen las competencias para desarrollar su actividad en la sociedad en la que se insertan. Esto busca asegurar el EUNACOM, donde médicos con título obtenido en el extranjero buscan revalidar su título para ejercer en Chile. La inclusión de estos médicos ha sido visto como una buena política pública para aumentar la cantidad de médicos con respecto a la cantidad de habitantes, tasa en la que el país está al debe comparados con el promedio de la OCDE. Pero, al aumentar la cantidad de médicos que se busca revalidar, la asignación de calendarios de pruebas se vuelve un problema cada vez más complejo de solucionar.

Para apoyar este proceso es que la Unidad de Reválida de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile se propuso el desarrollo de este proyecto que consta de 2 modelos: El primero, de calendarización semestral, maximiza la cantidad de cupos a ofertar y generar un calendario semestral, con el fin de poder revalidar a más médicos al semestre, mejorando también las condiciones en las que rinden estas pruebas. El segundo, de asignación de revalidantes y pruebas, busca generar un calendario que permita evaluar de forma eficiente a los revalidantes que están pendientes debido al Estallido Social del 2019, y la pandemia del Covid-19.

Para resolver estos problemas se utilizó la metodología de Ingeniería de Negocios, la cual brinda un apoyo paso a paso en la detección del problema, planteamiento de la solución, cómo se integra en los procesos de la organización, el rediseño de estos, y el apoyo tecnológico que se requiere para su implementación.

Las soluciones propuestas utilizan herramientas de la investigación de operaciones como redes de flujo y modelamiento de programación entera mixta, utilizando bases de datos para conseguir los datos necesarios con los que se ejecutan los modelos de optimización, cumpliendo con los requerimientos definidos por la Unidad de Reválida.

Los resultados del modelo de calendarización semestral han logrado generar un calendario que permite maximizar la cantidad de revalidantes que se pueden inscribir en un semestre, permitiendo que todos conozcan las condiciones, y fechas en que rendirán cada prueba, con la misma separación ente cada una de ellas, generando que las configuraciones tengan mayor homogeneidad entre los grupos. El segundo modelo permitió lograr un aumento de un 63,8% en la tasa de egresos de los revalidantes pendientes, utilizando mejor los centros de simulación y las asignaciones de las especialidades y los revalidantes que rinden cada prueba.

*A mi familia y la que tuve la suerte de poder elegir*

## AGRADECIMIENTOS

En este largo camino que llega a su fin quiero agradecer a las personas que me han acompañado y ayudado a llegar hasta acá.

A mis padres, por el apoyo, por enseñarme a trabajar duro para lograr mis metas, por darme todo para nunca me faltara nada y darme valores con los que he forjado mi manera de ver la vida.

Al resto de mi familia, que han sido un tremendo apoyo y me han llenado de cariño.

A mis amigos, casi hermanos, el Rulo y el Callpa, que han estado en las buenas y en las peores, son un apoyo constante y lograron hacer que este paso por la universidad fuera más llevadero. Agradezco haberlos conocido y afianzado esta tremenda amistad que seguimos cultivando.

Al handball, de la universidad, que me ha enseñado a tener derrotas que me han destrozado, pero de las que he aprendido una de mis mejores cualidades, la de siempre levantarme sin importar cuán adverso se vea el panorama, sin importar cuanto esfuerzo se haya puesto y no hayan resultado las cosas. A Handball Beauchef, que formamos un tremendo grupo de personas, crecimos juntos y logramos tremendos triunfos.

Al profe Seba, que me dio la motivación de tomar el desafío de entrar a este magíster, y fue un tremendo apoyo para lograr terminar este proceso. El saber que sería mi profesor guía fue una noticia que me puso tremendamente contento.

A Cynthia que fue la persona que más me ayudó en este magister, me enseñó con una paciencia admirable, y siempre tuvo las palabras correctas para que reaccionara y lograra mis objetivos. Ya te lo he dicho, pero eres una persona que admiro mucho, nada más que mis mejores deseos para ti.

A Pablo, que fue un tremendo apoyo en el desarrollo de este trabajo, muchas gracias por todo.

A Ana María y Laura por el apoyo en todo el magister, y la manera en que llevaron mi situación de tesis.

¡A todos los que fueron parte de este proceso, muchas gracias!

# TABLA DE CONTENIDOS

<b>CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Antecedentes de la Industria</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Descripción General de la Organización</b>	<b>2</b>
1.2.1. La Universidad de Chile	2
1.2.2. La Facultad de Medicina	4
1.2.3. La Asociación de Facultades de Medicina de Chile	6
1.2.4. Examen Único Nacional de Conocimientos de Medicina	7
1.2.5. La Unidad de Reválida de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile	9
<b>1.3. Problema Identificado</b>	<b>10</b>
<b>1.4. Objetivos y Resultados Esperados del Proyecto</b>	<b>11</b>
1.4.1. Objetivo General	11
1.4.2. Objetivos Específicos	11
1.4.3. Resultados Esperados	12
<b>1.5. Alcances</b>	<b>12</b>
<b>1.6. Riesgos Potenciales</b>	<b>13</b>
<b>CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO</b>	<b>15</b>
<b>2.1. Metodología de Ingeniería de Negocios</b>	<b>15</b>
<b>2.2. Business Analytics</b>	<b>16</b>
2.2.1. Investigación de Operaciones	17
<b>CAPITULO 3: PLANTEAMIENTO ESTRATÉGICO Y MODELO DE NEGOCIOS</b>	<b>23</b>
<b>3.1. Posicionamiento estratégico</b>	<b>23</b>
<b>3.2. Modelo de Negocios</b>	<b>24</b>
<b>3.3. Diagnóstico de la Situación Actual</b>	<b>28</b>
3.3.1. Problemas Identificados	31
3.3.2. Arquitectura de Procesos AS IS	34
3.3.3. Modelamiento Detallado de Procesos AS IS	40
<b>3.4. Cuantificación del Problema</b>	<b>48</b>
<b>CAPITULO 4: PROPUESTA DE DISEÑO DE PROCESOS</b>	<b>51</b>
<b>4.1. Direcciones de Cambio</b>	<b>51</b>

4.1.1.	Mantenimiento Consolidación de Estados	51
4.1.2.	Prácticas de Trabajo	52
4.1.3.	Integración de Procesos Conexos	53
4.1.4.	Coordinación	54
<b>4.2.</b>	<b>Diseño Detallado de Procesos TO BE (BPMN)</b>	<b>55</b>
4.2.1.	Rediseño del Proceso Operativo de Reválida (Calendarización de Actividades semestrales)	55
4.2.2.	Rediseño del Subproceso de Elección y Construcción de Pruebas periodo 2020/2021 (Recalendarización de Actividades)	57
<b>4.3.</b>	<b>Diseño de Lógica de Negocios</b>	<b>58</b>
4.3.1.	Modelo de Calendarización de Actividades Semestrales	58
4.3.2.	Modelo de Asignación de Revalidantes y Pruebas	67
<b>4.4.</b>	<b>Resultados Obtenidos</b>	<b>76</b>
4.4.1.	Resultados del Modelo de Calendarización de Actividades Semestrales	76
4.4.2.	Resultados del Modelo de Asignación de Revalidantes y Pruebas	77
<b>CAPITULO 5: PROPUESTA DE APOYO TECNOLÓGICO</b>		<b>81</b>
<b>5.1.</b>	<b>Arquitectura Tecnológica</b>	<b>81</b>
5.1.1.	Arquitectura Tecnológica para la Calendarización de Actividades Semestrales	81
5.1.2.	Arquitectura Tecnológica para Asignación de Revalidantes y Pruebas	81
<b>5.2.</b>	<b>Casos de Uso</b>	<b>82</b>
<b>5.3.</b>	<b>Diagrama de Secuencia</b>	<b>85</b>
<b>5.4.</b>	<b>Prototipo Funcional Desarrollado</b>	<b>86</b>
<b>CAPITULO 6: EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO</b>		<b>93</b>
<b>6.1.</b>	<b>Beneficios y Costos</b>	<b>93</b>
6.1.1.	Ingresos	93
6.1.2.	Costos e Inversión	93
<b>6.2.</b>	<b>Flujo de Caja</b>	<b>95</b>
6.2.1.	Flujo de Caja Privado	95
6.2.2.	Flujo de Caja Social	96
<b>6.3.</b>	<b>Análisis de Sensibilidad</b>	<b>97</b>
<b>6.4.</b>	<b>Discusión de Supuestos y Resultados</b>	<b>98</b>
<b>CAPITULO 7: CONCLUSIONES</b>		<b>99</b>
<b>CAPITULO 8: BIBLIOGRAFÍA</b>		<b>101</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Matriz FMEA de riesgos principales del proyecto.	13
Tabla 2: Fechas calendarizadas en que se ha acordado que algunos grupos deben rendir sus especialidades.	34
Tabla 3: Pestaña ‘Horario para Agendar en Calendly’.	48
Tabla 4: Variable de Diseño de dirección de cambio: Mantención Consolidada de Estados.	52
Tabla 5: Variable de Diseño de dirección de cambio: Prácticas de Trabajo.	53
Tabla 6: Variable de Diseño de dirección de cambio: Integración de Procesos Conexos.	54
Tabla 7: Variable de Diseño de dirección de cambio: Coordinación.	55
Tabla 8: Ejemplo de input de datos utilizados para el modelo de Calendarización de Actividades Semestrales.	66
Tabla 9: Pestaña Revalidante de la Hoja Madre de la Unidad de Reválida.	73
Tabla 10: Pestaña Prueba de la Hoja Madre de la Unidad de Reválida.	74
Tabla 11: Pestaña AsignacionRevalidante de la Hoja Madre de la Unidad de Reválida.	74
Tabla 12: Pestaña DisponibilidadCentro de la Hoja Madre de la Unidad de Reválida.	75
Tabla 13: Pestaña Grupo de la Hoja Madre de la Unidad de Reválida.	76
Tabla 14: Pestaña Estados de Resultados Individuales 2021de la Unidad de Reválida.	76
Tabla 15: Ejemplo de resultado de modelo de Calendarización de Actividades Semestrales.	77
Tabla 16: Ejemplo de resultado del archivo AsignacionPrueba.xlsx del modelo de Asignación de Revalidantes y Pruebas.	78
Tabla 17: Ejemplo de resultado del archivo AsignacionRevalidante.xlsx del modelo de Asignación de Revalidantes y Prueba.	79
Tabla 18: Grupos de revalidantes incluidos en el proceso desde Noviembre 2020 a Agosto 2021.	80
Tabla 19: Costos asociados a los salarios pagados actualmente por la Unidad de Reválida en el proceso manual de recalendarización de actividades.	94
Tabla 20: Costos asociados a los salarios pagados actualmente por la Unidad de Reválida en el proceso manual de calendarización de actividades semestrales.	94
Tabla 21: Flujo de Caja privado para la implementación de ambos modelos en la Unidad de Reválida, comparado con la situación actual.	95
Tabla 22: VAN y TIR del análisis privado del proyecto.	95
Tabla 23: Flujo de caja social para la implementación del modelo de Asignación de Revalidantes y Pruebas en la Unidad de Reválida, comparado con la situación actual.	96
Tabla 24: VAN del análisis social del proyecto.	96
Tabla 25: Flujo de caja social optimista para la implementación del modelo de Asignación de Revalidantes y Pruebas s en la Unidad de Reválida, comparado con la situación actual.	97
Tabla 26: VAN del análisis social optimista del proyecto.	97
Tabla 27: Flujo de caja social pesimista para la implementación del modelo de Asignación de Revalidantes y Pruebas en la Unidad de Reválida, comparado con la situación actual.	97
Tabla 28: VAN del análisis social pesimista del proyecto.	98

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Organigrama de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile.	6
Figura 2: Organigrama de la Unidad de Reválida de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile.	10
Figura 3: Metodología de Ingeniería de Negocios.	15
Figura 4: Posicionamiento Estratégico de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile según el modelo Delta Hax.	23
Figura 5: Modelo de Negocios de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile.	24
Figura 6: Análisis de problema a partir de un Árbol-How.	29
Figura 7: Matriz de esfuerzo-impacto (En rojo aquellas no implementables o fuera del ámbito de acción).	31
Figura 8: Diagrama de arquitectura de procesos nivel A-0 de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile.	36
Figura 9: Diagrama de arquitectura de procesos nivel A0 de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile.	38
Figura 10: Diagrama de arquitectura de procesos nivel A4, Cadena de Valor de Revalidación de Títulos Extranjeros.	39
Figura 11: Diagrama de arquitectura de procesos nivel A43, Gestión de Rendición y Evaluación del EUNACOM.	40
Figura 12: Diagrama actual del Macroproceso Operativo de la Unidad de Reválida.	41
Figura 13: Diagrama actual del Macroproceso Operativo de la Unidad de Reválida.	44
Figura 14: Diagrama actual del Macroproceso Operativo de la Unidad de Reválida.	45
Figura 15: Diagrama actual del proceso de Elección y construcción de Pruebas para el periodo 2020/2021.	46
Figura 16: Diagrama actual del proceso de Elección y construcción de Pruebas para el periodo 2020/2021.	47
Figura 17: Cantidad de Revalidantes pendientes según la cantidad de especialidades que tienen pendientes.	49
Figura 18: Cantidad de revalidantes pendientes por especialidad y según el estado que presentan en cada especialidad.	50
Figura 19: Diagrama de Rediseño de la Etapa de Asignación de Grupos del Macroproceso Operativo de la Unidad de Reválida.	56
Figura 20: Diagrama de Rediseño del proceso de Elección y construcción de Pruebas para el periodo 2020/2021.	57
Figura 21: Diagrama de Rediseño del proceso de Elección y construcción de Pruebas para el periodo 2020/2021.	58
Figura 22: Grafo de la red del flujo a maximizar.	60
Figura 23: Arquitectura tecnológica para prototipo funcional del proyecto de Calendarización de Actividades Semestrales.	81
Figura 24: Arquitectura tecnológica para prototipo funcional del proyecto de Asignación de Revalidantes y Pruebas.	82



Figura 25: Casos de uso del proyecto de Calendarización de Actividades Semestrales.	83
Figura 26: Diagrama de secuencia para ambos modelos de asignación.	86
Figura 27: Vista de la sección de selección del modelo a ejecutar del Prototipo Funcional elaborado.	87
Figura 28: Vista de la sección de carga de datos del modelo de Asignación de Revalidantes y Pruebas del Prototipo Funcional elaborado.	88
Figura 29: Vista de la sección de carga de datos del modelo de Calendarización Semestral del Prototipo Funcional elaborado.	89
Figura 30: Vista de la sección de carga de datos con un error de consistencia para modelo de Calendarización Semestral del Prototipo Funcional elaborado.	90
Figura 31: Vista de la sección de descarga de resultados del modelo de Asignación de Revalidantes y Pruebas del Prototipo Funcional elaborado.	91
Figura 32: Vista de la sección de descarga de resultados del modelo de Calendarización Semestral del Prototipo Funcional elaborado.	92

# CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN Y CONTEXTO

---

## 1.1. Antecedentes de la Industria

La educación superior a nivel mundial se enfrenta de manera permanente a desafíos en torno a la mejorar y certificar la calidad de los profesionales, la generación y difusión del conocimiento, y el reconocimiento internacional. Por su parte, la homologación o revalidación de títulos entre países es un aspecto de importancia para asegurar la equivalencia de los planes de estudios y calidad profesional en distintas disciplinas.

En Chile es posible realizar la habilitación profesional de títulos obtenidos en el extranjero mediante tratados internacionales, leyes creadas especialmente para este propósito, y el sistema de revalidación y reconocimiento. En particular, la tarea de revalidar los títulos profesionales y grados académicos obtenidos en el extranjero recae, desde el año 1866, en la Universidad de Chile, la que busca acreditar la idoneidad del título obtenido en el extranjero y del titulado, para el desempeño de dicha profesión en el país, permitiéndole a su vez la profundización de su formación en las áreas propias de su ámbito. Y define como revalidación a la “certificación de equivalencia entre un título profesional o un grado académico obtenido en el extranjero, con el respectivo título profesional otorgado por la Universidad de Chile u otras instituciones nacionales de educación superior universitaria” (Litvak & González, 2003; Universidad de Chile, 2005).

Dentro de la revalidación de títulos, la acreditación de graduados de medicina se realiza mediante una prueba de acreditación específica en cada uno de sus niveles de especialidad. En 2008, se promulgó la ley No. 20.261 que crea Examen Único Nacional de Conocimientos de Medicina (en adelante EUNACOM) y, en 2009, se aprueba el reglamento para su rendición ("Decreto de Salud No. 8 de 2009, DS 8/2009.," 2009). El examen consta de una sección teórica (EUNACOM-ST) y una sección práctica (EUNACOM-SP) que, a su vez, se subdivide en las etapas de Medicina Interna, Pediatría, Obstetricia-ginecología y Cirugía.

La Asociación de Facultades de Medicina de Chile (en adelante ASOFAMECH) delega a las distintas facultades miembro la misión de garantizar la calidad de los médicos que atienden en el sistema de salud chileno, independiente si realizaron sus estudios en el país o en el extranjero, mediante la ejecución del EUNACOM-SP (EUNACOM, 2021).

## **1.2. Descripción General de la Organización**

### ***1.2.1. La Universidad de Chile***

La Universidad de Chile es la institución de educación superior más antigua del país y es una de las universidades con mayor prestigio y tradición de Sudamérica, siendo reconocida, por ejemplo, en el cuarto lugar a nivel latinoamericano por el QS World University Rankings (QS World University Rankings, 2021).

Esta es reconocida como descendiente de las primeras universidades conventuales fundadas en Chile durante el siglo XVII y la Universidad de San Felipe, creada en 1738. Posteriormente, y gracias a una ley orgánica dictada en 1842, se le otorga su el nombre que mantiene hasta la actualidad y la función de superintendencia de todos los niveles de enseñanza del país, la enseñanza de los estudios superiores, promover la investigación y divulgación científica y literaria, como también el trabajo de servir de auxiliar a los trabajos de las diversas dependencias de la administración del Estado (Universidad de Chile, 2021).

Esta se define como “una institución de educación superior de carácter nacional y pública, que asume con compromiso y vocación de excelencia la formación de personas y la contribución al desarrollo espiritual y material de la Nación, construyendo liderazgo en el desarrollo innovador de las ciencias y las tecnologías, las humanidades y las artes, a través de sus funciones de docencia, creación y extensión, con especial énfasis en la investigación y el postgrado” (Universidad de Chile, 2021).

Como una universidad pública del siglo XXI, la Universidad de Chile ha definido sus objetivos estratégicos de tal forma que pueda cumplir con su excelencia y tradición, y que además esté actualizada a las problemáticas actuales. Es así que define su misión y visión como:

#### ***1.2.1.1. Visión de la Universidad de Chile***

En la próxima década vemos una universidad efectivamente nacional y estatal, con altos niveles de calidad, pluralismo, equidad social y de género y pertinencia para abordar con conciencia social, crítica y de manera éticamente responsable, los desafíos en los planos de la enseñanza superior, la investigación, la creación, la extensión y la vinculación con el medio, al servicio del

país, con vocación integradora del sistema de educación estatal y de protagonismo en redes universitarias latinoamericanas e internacionales, particularmente con universidades públicas.

Para lograr lo anterior la Universidad de Chile se propone:

- Desarrollar e incrementar la docencia, investigación y creación, extensión y vinculación con el medio del más alto nivel, acorde con los desafíos nacionales e internacionales, para formar integralmente personas éticas, de alta calidad profesional, pluralistas y con compromiso social, pensar estratégicamente el país, contribuir a su desarrollo humano, social, económico, tecnológico y cultural de forma sustentable y configurar a la Universidad de Chile como un referente para otras instituciones.
- Avanzar en la vinculación de la labor académica y de la comunidad universitaria en el marco de los desafíos y necesidades de nuestra sociedad, de la región latinoamericana, del concierto internacional y del medio ambiente, con el fin de cumplir con el compromiso público de la Universidad de Chile con el desarrollo sustentable del país y la sociedad.
- Ser una universidad integrada que permita asegurar características académicas, estructurales y de gestión similares en cada una de sus Facultades e Institutos para el logro de los dos objetivos anteriores, en un marco de participación, libertad de investigación y de cátedra, respeto, pluralismo, ausencia de inequidades económicas y de género y búsqueda del bienestar de toda la comunidad universitaria.
- Promover, potenciar y cumplir un papel articulador en la creación de un nuevo sistema nacional de educación, donde ésta sea entendida como un derecho social. Para ello, la universidad deberá fortalecer su política e institucionalidad de educación, para convertirse en un actor relevante en su diseño y puesta en práctica, fomentando una estrecha relación con las otras universidades estatales, fortaleciendo las comunidades, impulsando la calidad de sus funciones, su democracia y autonomía universitaria.
- Desarrollar niveles crecientes de inserción y participación en redes universitarias internacionales, tanto con el resto de América Latina como con otros centros líderes disciplinarios o temáticos para compartir experiencias y desarrollar la cooperación en investigación y formación de pre y postgrado con una mirada integradora y transdisciplinaria.

### ***1.2.1.2. Misión de la Universidad de Chile***

"La generación, desarrollo, integración y comunicación del saber en todas las áreas del conocimiento y dominios de la cultura constituyen la misión y el fundamento de las actividades de la Universidad, conforman la complejidad de su quehacer y orientan la educación que ella imparte".

"La Universidad asume con vocación de excelencia la formación de personas y la contribución al desarrollo espiritual y material de la Nación. Cumple su misión a través de las funciones de docencia, investigación y creación en las ciencias y las tecnologías, las humanidades y las artes, y de extensión del conocimiento y la cultura en toda su amplitud. Procura ejercer estas funciones con el más alto nivel de exigencia".

"Es responsabilidad de la Universidad contribuir con el desarrollo del patrimonio cultural y la identidad nacionales y con el perfeccionamiento del sistema educacional del país."

### ***1.2.2. La Facultad de Medicina***

La Facultad de Medicina (En adelante FAMED) es una de las 5 facultades que conformaron a la Universidad de Chile en su fundación el año 1842, sin embargo, su origen se remonta a 1833 con la escuela de la especialidad.

Esta es pionera en la formación de profesionales de la salud y actualmente es la unidad académica más grande de la Universidad de Chile. Ésta está encargada de la formación de profesionales de la salud, investigadores y académicos, comprometidos con la tradición de universidad pública, con presencia en los diferentes ámbitos del quehacer nacional.

En la actualidad, en ella se imparten 8 carreras de pregrado: Medicina, Enfermería, Tecnología Médica, Nutrición y Dietética, Kinesiología, Obstetricia y Puericultura, y Terapia Ocupacional.

También, esta facultad es una de las 4 fundadoras de la Asociación de Facultades de Medicina de Chile, donde se definió en manera conjunta el perfil de egreso del médico que se requería para el país: "La Educación Médica a nivel de la Escuela de Medicina deberá contribuir a la formación de un médico no especializado, cuya preparación esté de acuerdo con las necesidades de salud del país, con la evolución de las ciencias médicas y con los requerimientos derivados de

la naturaleza y responsabilidad de sus funciones y de su posición en la sociedad” (Dr. Octavio Enríquez Lorca, 2013).

#### ***1.2.2.1. Visión de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile***

Consistente con la naturaleza estatal y pública de la Universidad de Chile, su Facultad de Medicina es referente nacional y latinoamericano en materia de formación universitaria de excelencia, con carácter solidario y articulador de las funciones de docencia, atención clínica centrada en la persona, investigación y extensión universitaria, orientadas al valor público de la transformación social en el ámbito de la salud, contando con una comunidad universitaria integrada, inclusiva, pluralista, con igualdad de género, democrática, participativa y competente, tanto en su funcionamiento interno, como en su relación con la sociedad, con el propósito de ser protagonista en el fortalecimiento de las políticas públicas de salud que apunten a mejorar la equidad, el bienestar y calidad de vida de la población”.

#### ***1.2.2.2. Misión de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile***

“La misión de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile es servir a las necesidades de salud del país, formando profesionales integrales con pensamiento crítico y principios éticos, generando conocimiento pertinente y vinculando su quehacer con la comunidad y el entorno, mediante docencia de pre y post grado, extensión, desarrollo de investigación biopsicosocial y actividad docente-asistencial, en un marco de compromiso social y público, sólidas bases científicas y humanistas, espíritu de colaboración y excelencia”.

#### ***1.2.2.3. Estructura de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile***

En la Figura 1 se aprecia el organigrama de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile, que está dirigida por el decano, y se identifica bajo este el Vicedecano. También cada dirección descrita cuenta con su director respectivo. El personal de ésta se divide en 3 estamentos: Personal de Colaboración, Médico y Académico.

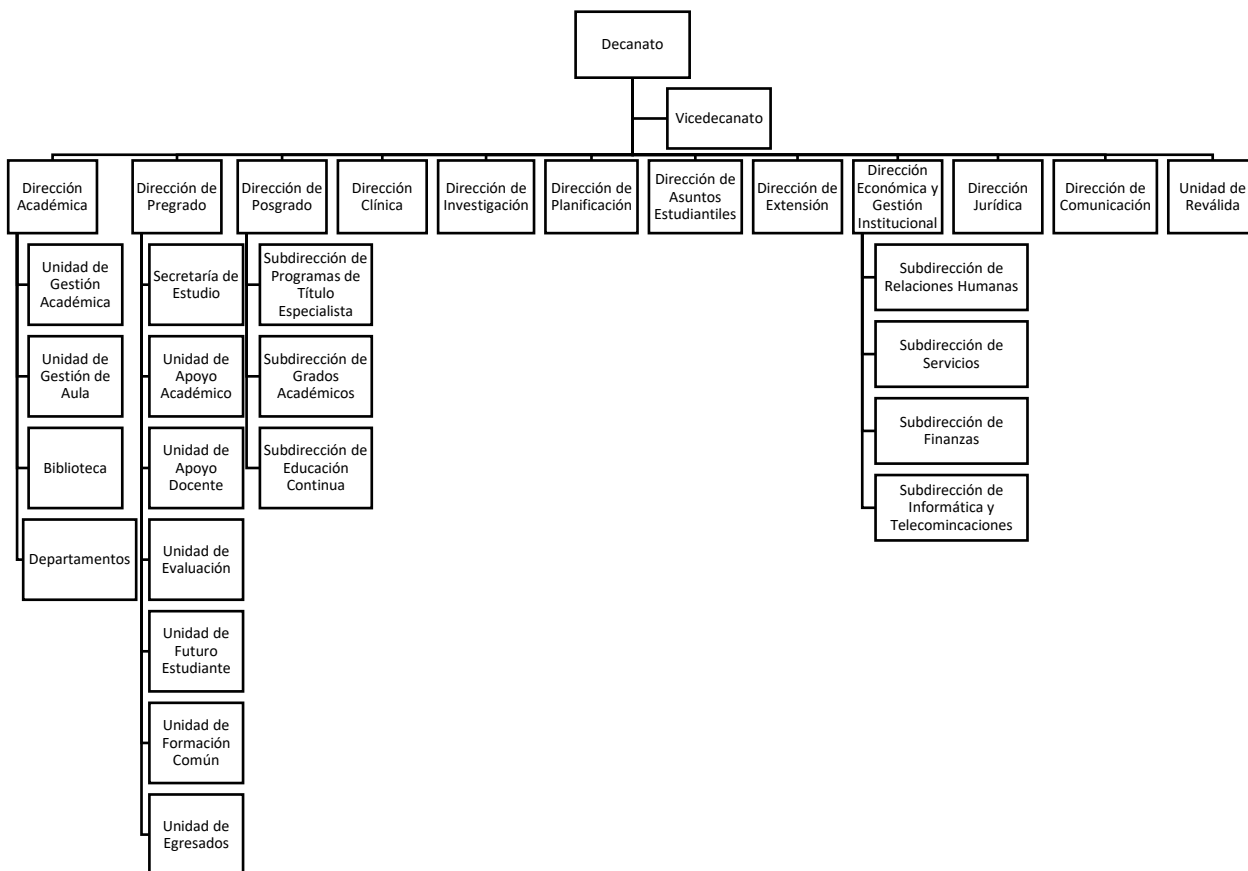


Figura 1: Organigrama de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile.

Fuente: Desarrollado íntegramente a partir de los trabajos realizados por Núñez (2018) y Montenegro (2018). Elaboración propia.

### 1.2.3. La Asociación de Facultades de Medicina de Chile

La Asociación de Facultades de Medicina de Chile (en adelante ASOFAMECH) fue fundada en el año 1962 con ocasión del primer Seminario de Formación Profesional Médica el que fue convocado por el Departamento Científico y Docente del Colegio Médico de Chile. Para ese entonces las Facultades de Medicina de la Universidad de Chile, Universidad de Concepción, Pontificia Universidad Católica de Chile y la Universidad Austral vieron la necesidad de establecer un organismo que se ocupase de la coordinación de los postgrados y los temas nacionales de interés para las universidades y el Servicio de Salud Estatal; y también, unir esfuerzos favoreciendo la Calidad de la Educación Médica y su Pertenencia Social, razones con las que deciden la creación de la ASOFAMECH, donde además, en un trabajo colaborativo definieron el perfil de egreso del médico analizando las necesidades del país: “La Educación Médica a nivel de la Escuela de Medicina deberá contribuir a la formación de un médico no especializado, cuya preparación esté de acuerdo con las necesidades de salud del país, con la evolución de las ciencias médicas y con

los requerimientos derivados de la naturaleza y responsabilidad de sus funciones y de su posición en la sociedad” (Dr. Octavio Enríquez Lorca, 2013).

#### ***1.2.3.1. Visión de la ASOFAMECH***

La Asociación de Facultades de Medicina de Chile declara lo siguiente como su visión:

- Ser una asociación que incluya a todas las facultades que impartan la carrera de Medicina.
- Ser reconocidos por promover la excelencia en la formación médica de pregrado, postgrado y postítulo.
- Ser referente nacional e internacional en la calidad de la formación en salud y en políticas sanitarias, participando en las decisiones que se adopten.

#### ***1.2.3.2. Misión de la ASOFAMECH***

La misión declarada por la ASOFAMECH es:

- Somos una asociación de facultades que imparten la carrera de Medicina acreditada, referente en la formación en salud.
- Velamos por la calidad de la educación médica de pregrado, postgrado y postítulo, con el fin de aportar profesionales de excelencia para la sociedad chilena, en un contexto de respeto a la persona, ético, pluralista y de bien común.

#### ***1.2.4. Examen Único Nacional de Conocimientos de Medicina***

El Examen Único Nacional de Conocimientos de Medicina (en adelante EUNACOM), es un examen teórico y práctico de medicina general que se aplica a todos los egresados de las distintas escuelas de medicina de Chile y a los médicos titulados en extranjero que deseen ejercer en el territorio nacional. El examen comenzó a funcionar el año 2009 como reemplazo del anterior Examen Médico Nacional (EMN), que funcionó entre los años 2003 y 2008 (EUNACOM, 2021).



Este examen es desarrollado por la ASOFAMECH, por encargo del Estado, y exige un puntaje mínimo para su aprobación, el cual es establecido por el Ministerio de Salud. De obtener un puntaje igual o superior al establecido, el médico queda habilitado para ejercer la profesión en el país, y de haber obtenido el título en una institución en el extranjero, la revalidación automática del título; ser contratado en servicios de salud dependientes directamente del Ministerio de Salud o Municipales; otorgar prestaciones a beneficiarios FONASA; y postular a programas de especialización médica y/o posgrados.

El examen consta de dos secciones, una teórica y otra práctica: La sección teórica examen es evaluada una vez al año de manera simultánea en diferentes sedes a lo largo del país. Esta corresponde a un examen escrito de selección múltiple que no puede ser homologada.

La sección práctica consiste en la evaluación clínica en un entorno de atención médica real o simulado, de 4 especialidades consideradas básicas, las cuales son: Medicina Interna, Cirugía, Obstetricia-Ginecología y Pediatría, las cuales son rendidas en la modalidad denominada como Examen Clínico Objetivo Estructurado (En adelante ECOE).

Pueden homologar la sección práctica los médicos formados en escuelas de medicina chilenas con programas acreditados mediante los Exámenes de Pregrado realizados en sus respectivas escuelas; y aquellos médicos que, habiendo obtenido su título en el extranjero, lo hayan revalidado en la Universidad de Chile.

Un ECOE es una herramienta de evaluación práctica donde los revalidantes rotan por escenarios clínicos sucesivos y representativos de las competencias que se evalúan, donde son evaluados por un académico con experiencia a través de un vidrio espejo unidireccional, siguiendo una pauta preestablecida, y además son grabados en video y audio (Kunakov Pérez, 2015).

La relevancia de incorporar médicos al sistema de salud nacional a través de este examen se da debido a que existe un déficit de médicos por cada 10.000 habitantes, donde Chile obtuvo una densidad de 22.9 en 2016, comparada con una tasa promedio de la OCDE la que asciende a los 33 puntos ("Glosa 01, letra i. Ley de Presupuestos Año 2017," 2017). En cuanto a lo anterior, entre los años 2009 y 2019 se han incorporado 5.926 médicos al mercado laboral chileno por esta vía, y en paralelo más de 16.000 médicos a través de las escuelas de Medicina chilenas. A pesar de esta diferencia, en los años 2018 y 2019 los médicos que ingresaron al sistema de salud a través del EUNACOM superaron a los egresados de las escuelas de Medicina nacionales, lo que ha servido

para catalogar este proceso como una buena política nacional para suplir la falencia de médicos generales.

### ***1.2.5. La Unidad de Reválida de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile***

La Unidad de Reválida de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile corresponde al área dedicada a la gestión y toma de exámenes prácticos de la revalidación de títulos de médicos extranjeros para aquellos que buscan realizar el proceso a través de la Universidad de Chile, y desde el 2009 también para aquellos que lo hacen a través de ASOFAMECH. Esta también posee dentro de sus funciones otorgar información oportuna a los revalidantes garantizando un servicio de calidad y organizar y diligenciar la asignación de candidatos al examen.

Para cumplir con este objetivo, la Unidad de Reválida solicita a la Universidad de Chile si es posible contar con disponibilidad de 5 centros de simulación clínica:

1. Centro de Habilidades Clínicas (CHC)
2. Centro de Simulación de Obstetricia (SO)
3. Salud Pública (SP)
4. Sala 8
5. Centro de Simulación Campus Sur

Además de éstos, y debido a la pandemia, se habilitó un Centro Virtual ECOE, en donde se evalúan las 4 especialidades por medio de Google Meet, y la repetición correspondiente. También, existen centros como CHC y el Centro Virtual, donde es posible tomar más de una prueba de manera simultánea, lo que ha sido recogido enumerándolos como sectores, donde éstos tienen más de uno, y el resto sólo uno.

La modalidad con la que la Unidad de Reválida ejecuta los exámenes es dividiendo un día hábil en 5 bloques horarios entre las 8:30 am y 20:15 pm, y dependiendo de la disponibilidad que tengan los centros, se asigna una prueba o etapa por bloque y por sector del centro, especificando la especialidad que será evaluada, teniendo un aforo máximo de 6 personas por sector. Una etapa está compuesta por 6 estaciones, y un revalidante, para aprobar la etapa, debe rendir las 6 y lograr una calificación de al menos un 60% del puntaje total.

Una vez que un revalidante completa sus 4 etapas, y de tener una o más especialidades reprobadas, éste tiene la posibilidad de realizar la repetición de una de ellas, para lo cual tiene que inscribirse y se le realiza la asignación de esta.

### 1.2.5.1. Estructura de la Unidad de Reválida

En la Unidad de Reválida está presidida por José Peralta, director de la unidad, el cual es apoyado en su labor por la Coordinación de Administración y Finanzas, Gestión de Calidad e Ingeniería de Datos. Bajo ellos se ubica el Equipo Central, que se dedica a la coordinación de los revalidantes, evaluadores, pacientes simulados equipo técnico, y la topa de las distintas etapas.

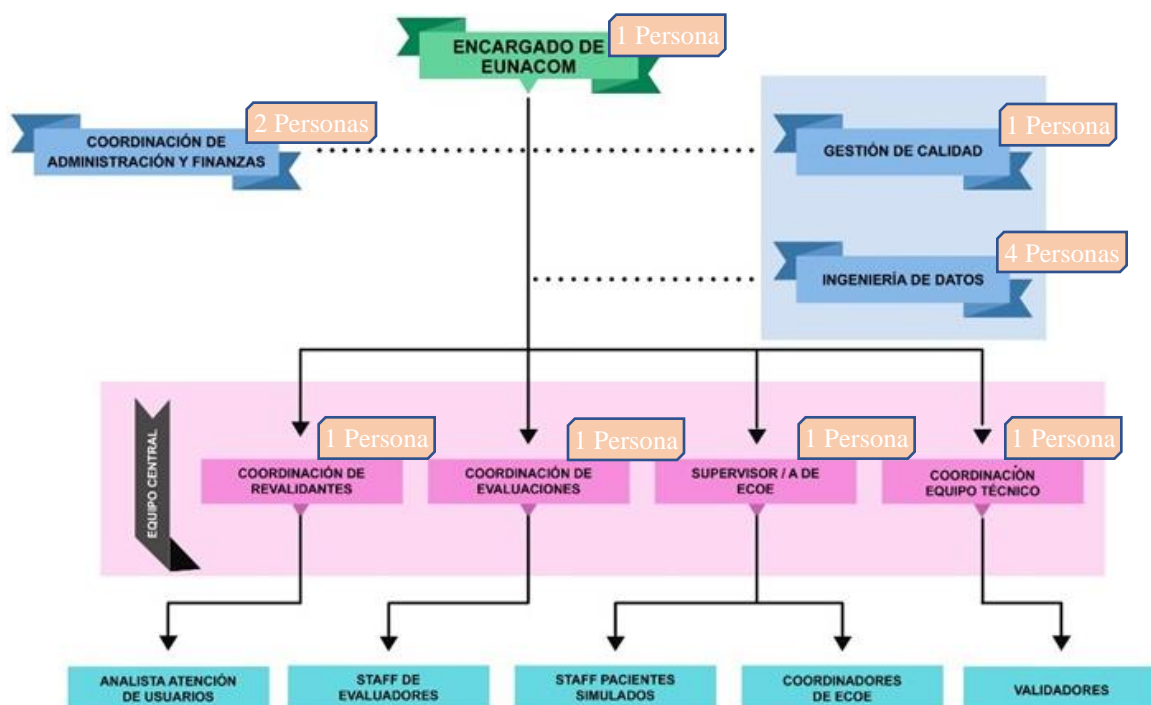


Figura 2: Organigrama de la Unidad de Reválida de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile.

Fuente: Organigrama de la Unidad de Reválida (2021), Planificación estratégica 2021-2023.

## 1.3. Problema Identificado

La Unidad de Reválida realiza el examen en centros pertenecientes a la Universidad de Chile, donde cada uno posee su propia planificación de actividades, capacidad variable y disponibilidad de acuerdo con las necesidades de la institución para distintas unidades. En cada proceso de reválida es necesario obtener la disponibilidad y capacidad de cada centro para realizar la estimación de cupos, generación de grupos y calendarización. Además, para cada grupo con sus

respectivas 4 etapas, se debe dar la posibilidad de repetir una y velar que la distancia en días entre dos etapas sea ecuánime, asegurando que no existan desventajas entre un grupo y otro.

La Unidad de Reválida ha llevado a cabo la realización del EUNACOM-SP desde 2009, pero no es si no desde el año 2018, donde la cantidad de candidatos ha aumentado de manera exponencial, llegando a los 1.209 revalidantes en 2018, 2.248 en 2019 y 1.877 en el 2020, lo que ha hecho que una correcta asignación del calendario semestral vuelva una tarea difícil de concretar, ya que la carga de trabajo ha aumentado tremendamente con la cantidad de revalidantes; provocando además una baja capacidad de reacción frente a los requisitos de cambio en la programación.

En base a que es el aumento de revalidantes lo que revela problemas que no eran visibles anteriormente, se ha identificado el principal problema como:

*“¿Cómo mejorar el proceso de Revalida para garantizar igualdad de condiciones en la rendición de pruebas para los revalidantes bajo una demanda y complejidad creciente?”*

## **1.4. Objetivos y Resultados Esperados del Proyecto**

### ***1.4.1. Objetivo General***

Rediseñar el proceso de calendarización de etapas del EUNACOM-SP de la Unidad de Reválida de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile, con el fin de disminuir los tiempos de asignación del calendario semestral de pruebas, igualando las condiciones de rendición de estas pruebas, para mediados del 2021.

### ***1.4.2. Objetivos Específicos***

1. Rediseñar los subprocesos de asignación de grupos del proceso de reválida y de gestión de agenda de revalidantes del proceso de pendientes 2019 y 2020.
2. Definir criterios para la asignación de una prueba en un día en específico y su interacción con las demás pruebas, en ambos procesos.

3. Desarrollar y evaluar un modelo de asignación que genere el calendario de rendición de pruebas de los grupos, disminuyendo el tiempo que toma la asignación, y cumpliendo con los criterios respectivos de manera eficiente.
4. Implementar un modelo de asignación operativo que genere egresos de los revalidantes pendientes del calendario 2019, 2020, 2021; disminuyendo el tiempo que toma la asignación, y cumpliendo con los criterios respectivos de manera eficiente.

#### ***1.4.3. Resultados Esperados***

1. El rediseño los subprocesos, en BPMN, de asignación de grupos del proceso de reválida y de gestión de agenda de revalidantes del proceso de pendientes 2019 y 2020.
2. El detalle de los criterios para la asignación de una prueba en un día en específico y su interacción con las demás pruebas, en ambos procesos.
3. Un prototipo de un modelo, desarrollado y evaluado, de asignación que genere el calendario de rendición de pruebas de los grupos, disminuyendo el tiempo que toma la asignación, y cumpliendo con los criterios respectivos de manera eficiente.
4. La implementación de un modelo de asignación que genere egresos, disminuyendo el tiempo de procesamiento, de los revalidantes pendientes del calendario 2019, 2020, 2021; disminuyendo el tiempo que toma la asignación, y cumpliendo con los criterios respectivos de manera eficiente.

#### **1.5. Alcances**

Este trabajo tiene un enfoque a la mejora en la gestión de la calendarización de las etapas que rinden los revalidantes, por lo que plantea un rediseño a el Proceso de Asignación de Grupos y al recientemente creado Proceso de Gestión de Agenda, generando un impacto en la manera en que el Equipo Central construye los calendarios de actividades; y a los revalidantes, igualando las condiciones en que rinden sus etapas (en cuanto a plazos entre cada una de ellas).

El usuario final del prototipo será uno de los miembros del Equipo Central, que actualmente genera los calendarios de actividades.

## 1.6. Riesgos Potenciales

Para el proyecto, se han detectado 4 principales riesgos que podrían impactar en su desarrollo e implementación, además, se ha realizado un análisis falla y efecto FMEA del impacto que podrían generar de darse, enumerándose según el mayor *Número Prioritario de Riesgo* o NPR, que estima la gravedad de cada riesgo según la severidad, ocurrencia y probabilidad de detección, como se muestra a continuación:

*Tabla 1: Matriz FMEA de riesgos principales del proyecto.*

*Fuente: Elaboración Propia.*

<b>Riesgo</b>	<b>Severidad</b>	<b>Ocurrencia</b>	<b>Detección</b>	<b>NPR</b>
Soporte y mantención de desarrollo tecnológico	7	6	5	210
Calidad y cambios en la arquitectura de los datos	8	8	3	192
Pérdida del usuario final	6	6	4	144
Resistencia al Cambio	8	5	3	120

Utilizando el NPR se determina que el mayor riesgo es el de Soporte y Mantención del Desarrollo Tecnológico, el que puede llevar al fracaso del proyecto ya que no se utilizarían los desarrollos realizados en el futuro, debido a que el proceso de toma de exámenes del EUNACOM-SP cambia las condiciones de rendición con cierta regularidad, es posible que, si no se plasman estas actualizaciones en los modelos, ya no se ajusten a las necesidades del cliente. Luego, la calidad de los datos, si fuera una mala calidad, podría hacer que los modelos no pudiesen leerlos y afectarían a su funcionamiento; también, si se realizan cambios en la arquitectura de datos, por ejemplo, cambio de nombres en las columnas, o el formato en que se almacena cierto dato (ambas cosas ocurren con cierta regularidad), puede afectar el correcto funcionamiento de los desarrollos e incluso podrían no poder funcionar. También, existe el riesgo de que, por una rotación de personal, el usuario final que se capacite a utilizar las soluciones tecnológicas se desvincule de la organización, sin capacitar a un nuevo integrante para la utilización de estos, por lo que quedarían en desuso. Por último, está el riesgo de la resistencia al cambio, donde por opción propia los

integrantes de la unidad no quieran utilizar las soluciones presentadas y por lo tanto genere un fracaso del proyecto.

## CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO

### 2.1. Metodología de Ingeniería de Negocios

La Metodología de Ingeniería de Negocios introduce conceptos a utilizarse en el diseño, construcción e implementación de una arquitectura genérica que estructura los procesos internos de una organización, la cual permite la interacción de estos con la estrategia por la que ha optado dicha organización, los objetivos acordes a esta, el modelo del negocio; mediante el diseño de patrones de negocio (Barros, 2015).

Esta metodología proporciona una base para el desarrollo de sistemas de información, y proyectos innovativos con apoyo en las TI, la cual sigue las siguientes etapas:

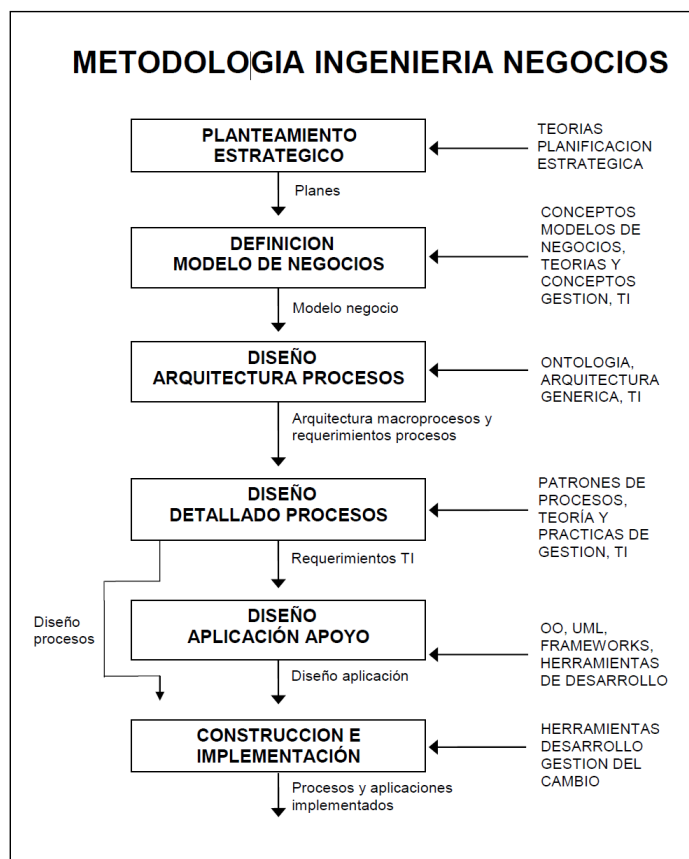


Figura 3: Metodología de Ingeniería de Negocios.

Fuente: Barros, O. (2015). Ingeniería de Negocios: Diseño Integrado de Servicios, sus Procesos y Apoyo TI.



- 1. Planteamiento Estratégico:** Establece el posicionamiento estratégico de la organización siguiendo la metodología Delta (Hax & Wilde, 2003), donde se coloca como foco al cliente. También se analizan los objetivos que esta posee, y cómo conversan con este posicionamiento. Esta etapa representa la base para el desarrollo de las demás.
- 2. Desarrollo del Modelo de Negocios:** Representa la materialización del planteamiento estratégico desarrollado, de tal manera que se defina cómo se genera valor de cara al cliente, utilizando como base el modelo Canvas, (Osterwalder, 2011) 2009).
- 3. Diseño de Arquitectura de Procesos:** En base a los pasos anteriores, se identifican los macroprocesos más relevantes o patrones, y cómo se relacionan entre sí. En particular se utilizan la arquitectura de negocios genérica, evaluando si es necesario generar más de una cadena de valor. La notación donde se modelan estas acciones, relaciones y actividades es IDEF0.
- 4. Diseño de Procesos:** A partir de la arquitectura generada, se ahonda en los procesos más específicos de la organización, utilizando en primera instancia los patrones establecidos para las aperturas de los macroprocesos, y luego con la notación BPMN se diseñan los procesos y subprocesos en específicos de la organización.
- 5. Diseño de la Aplicación de Apoyo:** Con los procesos detallados, se determinan las actividades que requieren de apoyos por parte de aplicaciones computacionales, diseñando sus funcionalidades en base al estándar UML (Lenguaje Modelado Unificado).
- 6. Construcción e Implementación:** Una vez que se tiene el diseño de las funcionalidades, y cumplidas las etapas de la presente metodología, se debe llevar a cabo la implementación de los softwares y hardwares detallados anteriormente, llevándose a la práctica los procesos diseñados. Además, se debe analizar la factibilidad económica propia de la organización, o el beneficio social generado, dependiendo del alcance del proyecto.

## 2.2. Business Analytics

El siglo 21 ha mostrado la importancia que tienen los datos tanto para el mundo privado como para el público. Es por ello que el estudio de los datos, de cómo conseguirlos, almacenarlos y administrarlos ha ido al alza, generando nuevas carreras y profesionales en el área. La importancia de los datos viene dada por la información que se puede obtener de ellos, la que puede ser transformada en conocimiento que sostenga y justifique las decisiones de negocio que se tomen, y que también, permita definir decisiones con una perspectiva de futuro.

El concepto de *Business Analytics* hace referencia al uso de los datos para responder preguntas propias del negocio, para la cual se utilizan herramientas de la estadística, gestión de datos, visualización de éstos, aprendizaje de máquinas, y automático; y cada vez haciendo más referencia al concepto de *Big Data*. Estas se utilizan con el principal objetivo de apoyar las decisiones tanto comerciales como operativas, permitiendo maximizar las métricas de rentabilidad y eficiencia (Pochiraju & Seshadri, 2019).

Este concepto ha sido definido en 3 principales categorías, clasificadas según lo que se está estudiando, y ciertas preguntas que se buscan resolver (Lepenioti et al., 2020):

**Descriptive Analytics:** O análisis descriptivo, consiste en el uso de datos históricos, se da información sobre los eventos pasados. Las principales preguntas que se quieren resolver utilizando este tipo de análisis son: “¿Qué ha pasado?”, “¿Por qué pasó eso?”, y “¿Qué está pasando ahora?”.

**Predictive Analytics:** O análisis predictivo, a partir de los datos históricos, se pretende conocer lo que sucederá en el futuro. Las principales preguntas que se quieren resolver utilizando este tipo de análisis son: “¿Qué pasará?” y “¿Por qué sucederá?”.

**Prescriptive Analytics:** O análisis prescriptivo, proporciona información útil para la toma de decisiones en el mejor momento. Las principales preguntas que se quieren resolver utilizando este tipo de análisis son: “¿Qué debo hacer?” y “¿Por qué debería hacerlo?”.

Actualmente, la gran mayoría de los análisis realizados en los negocios apuntan a las categorías de *descriptive analytics* y *predictive analytics*, utilizando las metodologías de minería de datos, aprendizaje de máquinas e inteligencia artificial (den Hertog & Postek, 2016) por lo que se considera que la analítica prescriptiva es aún menos madura, sin embargo, con las nuevas tecnologías de la información y comunicaciones, como la transmisión a tiempo real, sensores que impulsan operaciones comerciales y el internet de las cosas, han proporcionado a las empresas información relevante para la toma de decisiones, y han impulsado a la comunidad de la investigación de operaciones hacia un trabajo en conjunto con el análisis prescriptivo, que permita ayudar a las empresas, mediante el desarrollo de métodos y algoritmos que apunten en esta dirección (Lepenioti et al., 2020).

### 2.2.1. *Investigación de Operaciones*

La investigación de operaciones (IO) corresponde a una rama interdisciplinaria de las matemáticas aplicadas que expresa su utilidad a través de la confección de modelos, tanto cuantitativos como cualitativos, que son utilizados como una importante ayuda en la toma de decisiones para la resolución de problemas complejos (Monks, 2015) Las aplicaciones donde se utiliza esta disciplina varían en áreas como las fuerzas armadas, construcción, salud, telecomunicaciones, planeación financiera, transporte, entre otras lo que hace que constantemente se estén generando nuevas aplicaciones y metodologías que se relacionan con los nuevos desafíos de estas áreas de interés (Hillier & Lieberman, 2002).

En los últimos años, las innovaciones generadas tanto en las ciencias como en la tecnología han hecho eco en la comunidad de la investigación de operaciones generando nuevas áreas de interés en cuanto a la investigación, y nuevos horizontes de aplicaciones para los científicos de esta disciplina (Calleja et al., 2019).

Actualmente, la IO es utilizada ampliamente en los campos que requieren el respaldo matemático para la toma de decisiones complejas. Si bien su aplicación puede darse en una gran diversidad de industrias, servicios públicos y de gobierno, según la procedencia del problema estudiado, es la selección de la alternativa adecuada lo que presenta la mayor dificultad ante la gran complejidad de los problemas del mundo actual, cada vez más dinámico e incierto (Calleja et al., 2019).

Las nuevas problemáticas conducen a la generación y formulación de nuevos modelos, los que necesitan de nuevos y poderosos métodos de cálculo, previstos por la tecnología, pero, a su vez, estas nuevas metodologías requieren y motivan el desarrollo de nuevos trabajos investigativos. Esta interacción entre los mundos de la computación, nuevas tecnologías, y la IO, genera un ciclo de trabajo que va avanzando en la generación de nuevas metodologías teóricas y tecnologías de mayor rendimiento que amplían la gama de problemas manejables, generando así nuevas posibilidades de aplicación de ambas áreas (Gallo, 2004).

La IO se basa en las últimas tecnologías desarrolladas en los ámbitos de la analítica, la simulación, optimización y las probabilidades y estadística. Estos métodos utilizan herramientas y técnicas avanzadas con el fin de proporcionar poder analítico, el cual es utilizado como apoyo para la toma de decisiones en tiempo real de las organizaciones. Esto relaciona fuertemente la analítica, en específico la analítica prescriptiva, con la IO, ya que la primera ayuda a alcanzar los objetivos comerciales mediante el análisis de los datos, y la creación de modelos predictivos que permiten pronosticar y optimizar el rendimiento de los procesos comerciales (*INFORMS: Operations research & analytics*, 2021).

### **2.2.1.1. Problemas de Asignación: Problemas de Agendamiento**

Los problemas de asignación corresponden a un tema ampliamente estudiado en la programación matemática, como un problema de optimización combinatoria. Estos se basan en resolver situaciones en las que  $n$  objetos pueden ser asignados a  $m$  otros objetos, buscando una manera óptima que minimice los costos asociados a la realización de las tareas dadas, o bien, maximice el beneficio total, considerando a su vez una serie de restricciones. Dentro de los principales problemas de asignación se destacan: La asignación de personal de ventas a ciertos territorios, la asignación de rutas a vehículos, la asignación de contratos a licitadores mediante la evaluación de las ofertas de los proveedores competidores, la asignación de ingenieros de desarrollo a varios sitios de construcción, la asignación de las clases a los respectivos profesores, la asignación de equipos a ciertos proyectos considerando el costo de cada equipo para lograr el trabajo (Singh et al., 2012).

Un problema particular de asignación corresponde a los problemas de *Scheduling* o agendamiento, los que se basan en la idea de la asignación de trabajos a máquinas, suponiendo que se tiene una cantidad de máquinas  $m$  y una cantidad de trabajos  $n$ , se busca generar un calendario de asignación para cada uno de los trabajos en las máquinas dadas, utilizando uno o más intervalos de tiempo, satisfaciendo ciertas restricciones dadas por el problema. Además, se busca generar este calendario principalmente minimizando los costos asociados a la asignación en los recursos involucrados (Brucker, 2007).

#### **2.2.1.1.1. Problemas de Timetabling: Timetabling para Asignación de Exámenes**

En la literatura se encuentra la existencia de dos grandes problemas de gestión de agenda o calendarización, correspondientes a los problemas de *Scheduling* y *Timetabling*. Los problemas de *Timetabling* pueden definirse como la búsqueda de colocar ciertos recursos, en un número limitado de horarios y lugares, sujeto a ciertas restricciones, donde el propósito es satisfacer la mayor cantidad de objetivos que han sido previamente establecidos (Wren, 1996). Por otro lado, los problemas de *Scheduling*, buscan determinar la secuencia en que se ejecutan ciertas actividades y los recursos asignados a estas, intentando la minimización de costos o maximización de utilidades (Chaudhuri, S., & Walker, R. A. (1995). High level synthesis: Introduction to scheduling problems.). De esto se infiere que los primeros, buscan determinar cuándo y dónde se ejecutarán ciertas actividades, donde la decisión pasa por cumplir mayormente los requerimientos, considerando el tiempo dado, pero sin tomar en cuenta los costos asociados a dicha asignación.

Dentro de las numerosas aplicaciones que consideran los problemas de *Timetabling*, se destacan los de instituciones del área de la salud (por ejemplo, la programación del horario de médicos, cirujanos, y enfermeras), transporte (por ejemplo, horarios de trenes y autobuses). Deporte (por ejemplo, la generación de calendarios de partidos) y de instituciones educacionales (por ejemplo, horarios de clases) (Petrovic & Burke, 2004).

En cuanto a lo anterior, existen dos grandes tipos de asignación de agendamiento u horarios educacionales (o *Educational Timetabling*): La primera corresponde al agendamiento u horario escolar (*School Timetabling*), donde Pillay (2014) lo describe como una tupla de asignatura, profesores y salas de clases como los recursos que deben ser asignados, donde generalmente, los estudiantes son agrupados en clases antes del proceso de construcción del horario.

Por otro lado, existe el agendamiento u horario universitario (*University Timetabling*), el cual, a su vez, se divide en dos grandes categorías: Clases y exámenes. Entre sus diferencias destacan que los exámenes deben programarse tales que ningún estudiante tenga más de un examen en el mismo horario, los que también, por lo general, utilizan más de una sala, por temas de espacio; a su vez, la programación de clases se genera antes de que se conozcan el tamaño de los cursos, y por lo general, solo se realiza una clase en una sala al mismo tiempo (Burke et al., 1997). Para la resolución de este tipo de problemas, los investigadores han aplicado algoritmos basados en programación en enteros (*integer programming*), redes de flujo (*network flow*), la coloración de gráficos, inteligencia artificial, *simulated annealing*, *tabu search*, y algoritmos genéticos (*genetic algorithms*) (Schaerf, 1999).

El problema de la asignación de exámenes consiste en la asignación de estos a un número determinado de periodos de tiempo de tal manera que se cumplan una serie de restricciones, cómo (Carter et al., 1996):

1. Algunos exámenes están preasignados a franjas horarias específicas (por ejemplo, la noche).
2. Limitaciones de capacidad de asientos de las salas.
3. Ciertos exámenes deben rendirse en una secuencia en específico.
4. Puede haber un número máximo de exámenes dentro de un periodo o un número máximo de estudiantes por periodo.
5. Puede suceder que un examen se rinda en 2 o más salas, por lo que se intenta que estas salas sean cercanas para permitir el traslado de los profesores.

En términos matemáticos el problema, de manera simplificada, ha sido modelado por Schaerf (1999) como sigue: Existen  $q$  cursos  $K_1, \dots, K_q$  y un examen para cada curso  $K_i$ . También hay  $r$  grupos de exámenes  $S_1, \dots, S_r$  tales que en cada  $S_l$  hay estudiantes que toman todos los exámenes en  $S_l$ . El número de periodos para modelar el problema es  $p$  y el número máximo de exámenes que puede ser asignado en el periodo  $k$  es  $l_k$ , y como un examen puede utilizar más de una sala, este número es menor o igual al número de salas. Es así, que la formulación general del problema se modela como se presenta a continuación:

$$\begin{aligned}
 &\text{Encontrar } y_{ik} \quad (i = 1 \dots q; k = 1 \dots p) \\
 &s. a \quad \sum_{k=1}^p y_{ik} = 1 \quad (i = 1 \dots q) \\
 &\quad \sum_{i=1}^q y_{ik} \leq l_k \quad (k = 1 \dots p) \\
 &\quad \sum_{i \in S_l} y_{ik} \leq 1 \quad (l = 1 \dots r; k = 1 \dots p) \\
 &y_{ik} = \begin{cases} 1, & \text{Si el examen del curso } K_i \text{ es agendado en el periodo } k \\ 0, & \text{Si no} \end{cases}
 \end{aligned}$$

### 2.2.1.1.1.1. *Redes de Flujo para el problema de Timetable:*

Una red de flujo se define como un gráfico  $G = (\mathcal{N}, \mathcal{A})$  en conjunto con información numérica. En la representación,  $b_i$  corresponde al suministro externo de flujo que llega a cada nodo  $i \in \mathcal{N}$ ; la capacidad de cada arco  $(i, j) \in \mathcal{A}$  se representa como  $u_{ij}$ ; el costo por unidad de flujo a lo largo del arco  $(i, j)$  se define como  $c_{ij}$ ;  $f_{i,j}$  denota la cantidad de flujo que pasa a través del arco  $(i, j)$  (Bertsimas & Tsitsiklis, 1997).

Los problemas de asignación modelados como una red de flujo utilizan  $m$  proveedores e igual número de consumidores. El  $i$ -ésimo proveedor puede ofrecer  $s_i$  unidades de cierto bien, y el  $j$ -ésimo consumidor tiene una demanda de  $d_j$  unidades, donde se asume que la cantidad demandada es igual al suministro total  $\sum_{i=1}^m s_i = \sum_{j=1}^m d_j$ ; el problema busca asignar a cada consumidor la demanda que necesita, minimizando los costos asociados a la asignación, referenciados como  $c_{ij}$ , y su modelamiento simplificado se da a continuación:

$$\begin{aligned}
& \min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m c_{ij} f_{ij} \\
& \text{s. a. } \sum_{i=1}^m f_{ij} = d_j \quad (j = 1, \dots, m) \\
& \sum_{i=1}^m f_{ij} = s_i \quad (i = 1, \dots, m) \\
& f_{ij} \geq 0 \quad \forall i, j
\end{aligned}$$

El modelamiento de los problemas de *Timetabling* como una red de flujo ha sido abordado ampliamente debido a que estos pueden resolverse de manera eficiente sin importar su tamaño, lo que permite que sean fáciles de manejar y ser resueltos de una manera corta en cuanto al tiempo (de Werra, 1985).

Para la formulación general del problema de *Timetabling* como una red de flujo, se han definido: La matriz de incidencia del borde del vértice como  $A_{n \times m}$ , el vector de suministros como  $b_{n \times 1}$ , límites inferiores  $l_{1 \times m}$ , el vector de capacidad  $u_{1 \times m}$ , y las clases  $c_i, i \in (1, \dots, m)$  (Schaerf, 1999).

$$\begin{aligned}
& \min \sum_{j=1}^m c_j x_j \\
& \text{s. a. } Ax = b \\
& l \leq x \leq u
\end{aligned}$$

Al resolver esta red de flujo, se obtiene un número entero, debido a la propiedad unimodularidad total (Papadimitriou & Steiglitz, 1998), es el resultado de un calendario para todas las clases dadas.

## CAPITULO 3: PLANTEAMIENTO ESTRATÉGICO Y MODELO DE NEGOCIOS

---

### 3.1. Posicionamiento estratégico

Utilizando el modelo Delta de Hax para representar el posicionamiento estratégico de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile, es posible ubicarla entre Mejor Producto y Solución Integral para los Clientes, con una tendencia a ubicarse más cercana al mejor producto, en específico como una Diferenciación, al incluir en su oferta la calidad de sus docentes, el nivel de los estudiantes, y la calidad de la investigación y su relevancia a nivel país.

A partir de este posicionamiento, se determina que la Unidad de Reválida aporta generando evaluaciones de acorde con las necesidades en temas de salud, de la población chilena, y así, aquellos médicos que revalidan su título por esta vía tienen una calidad similar a los profesionales formados en el país, y un conocimiento destacado en cuanto a las enfermedades comunes de la población chilena.

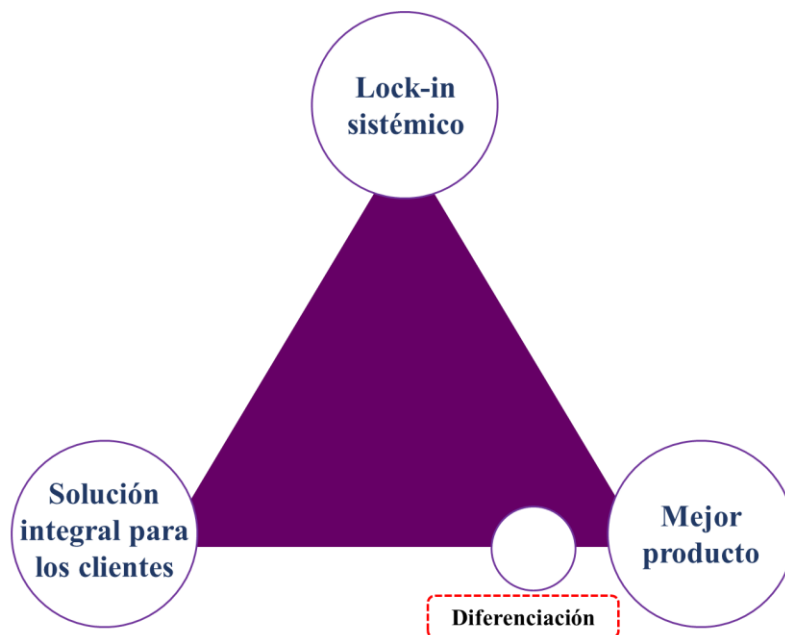


Figura 4: Posicionamiento Estratégico de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile según el modelo Delta Hax.

Fuente: Desarrollado íntegramente a partir de los trabajos realizados por Núñez (2018) y Montenegro (2018). Elaboración propia.



### 3.2. Modelo de Negocios

La Facultad de Medicina de la Universidad de Chile materializa su posicionamiento estratégico utilizando el modelo Canvas para representar su modelo de negocios centrado en las prioridades del impacto en las necesidades que presenta sociedad en términos de salud, y cómo se consigue este; como también la docencia, investigación siempre con una mirada desde la excelencia. Esta definición se observa en la figura a continuación:

<b>Asociaciones Clave</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Gobierno: MINSAL</li> <li>- Socios Académicos</li> <li>- Asociaciones profesionales</li> <li>- Sector privado de salud</li> </ul>	<b>Actividades Clave</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Proceso de Nuevos Desarrollos</li> <li>- Proceso de Planificación y Evaluaciones</li> </ul>	<b>Propuesta de Valor</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Docencia de Calidad</li> <li>- Brindar soluciones sanitarias a la sociedad</li> <li>- Implementar resultados desarrollados a través de investigación y extensión</li> </ul>	<b>Relaciones con el Cliente</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Directa</li> <li>- Indirecta</li> </ul>	<b>Segmento de Clientes</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Estudiantes y profesionales de la salud</li> <li>- Sociedad</li> </ul>
	<b>Recursos Clave</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Capital Humano avanzado</li> <li>- Infraestructura clínica</li> <li>- Estudiantes de excelencia</li> </ul>		<b>Canales</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Docencia</li> <li>- Campus Clínicos</li> <li>- Centros de Investigación</li> </ul>	
<b>Estructura de Costos</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Docencia</li> <li>- Innovación</li> <li>- Departamentos</li> <li>- Remuneraciones</li> </ul>			<b>Fuentes de Ingreso</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aranceles</li> <li>- Venta de Servicios</li> <li>- Proyectos</li> </ul>	

Figura 5: Modelo de Negocios de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile.

Fuente: Desarrollado íntegramente a partir de los trabajos realizados por Núñez (2018) y Montenegro (2018). Elaboración propia

Esta definición divide al modelo en 9 bloques claves para el análisis de la empresa a la interna, y cómo se desenvuelve en su entorno o hacia el exterior. Estos bloques se definen a continuación:

#### Segmento de Clientes

La Facultad de Medicina posee distintos segmentos de clientes que dependen a quien apunta el servicio que se está ofertando.

Uno de estos segmentos corresponde a los estudiantes, lo que pueden ser de Pregrado, Posgrado y Postítulo, que según su nivel de educación alcanzado les es permitido acceder a los distintos programas de cada grado. En este sentido, este segmento también está compuesto por los profesionales del área de la salud que están interesados en la realización de un Postgrado o Postítulo en FAMED.

El siguiente segmento corresponde a la sociedad, que está compuesto por los pacientes que acuden en busca de servicios médicos brindados por los alumnos o profesionales de la facultad. También se compone por todas las personas que se ven beneficiadas de las investigaciones e innovaciones desarrolladas en FAMED.

En cuanto a la Unidad de Reválida, su labor está dirigida a los profesionales del área de la salud, en específico médicos titulados, que obtuvieron su título en el extranjero y que buscan ejercer su profesión en Chile.

### **Propuesta de Valor**

Como la Facultad de Medicina ofrece diferentes servicios, ésta posee distintas propuestas de valor según tanto lo que se oferte, como a quién se dirija.

Para el segmento de los estudiantes, se propone la entrega de docencia de alta calidad, avalada por el nivel de los académicos que ejercen y realizan la transferencia de conocimientos con el fin de formar profesionales de excelencia para el país.

También, FAMED entrega conocimiento tanto a estudiantes de la misma universidad, otras universidades, como para la sociedad, a través del desarrollo de distintos proyectos de investigación, con el fin de generar un impacto en el bienestar social.

Por último, se busca brindar soluciones sanitarias de acorde a las necesidades que tiene el país, otorgando los mejores servicios en cuanto a salud, a los pacientes que llegan a la red de atención de la universidad, como también, relacionado con el punto anterior, mejorar la oferta de servicios de cara a las nuevas necesidades que se presenten en la sociedad chilena.

## **Canales**

Como ha sido mencionado, los distintos servicios ofertados por la facultad tienen distintos canales por los cuales llegar a su usuario, los cuales pueden ser presenciales como a través de una plataforma web.

Para términos de docencia, los estudiantes acceden a esta por medio de las salas de clases, las que por la contingencia del Covid-19, han sido transformadas por salas de clases online, donde el conocimiento se les es transmitido por los docentes. También, es a través de la plataforma web donde acceden a estas aulas virtuales, y donde también pueden acceder al material docente que es puesto a disposición para reforzar, o exigido para alcanzar los conocimientos impartidos durante el programa. Además, se encuentran los campus clínicos, que es donde el conocimiento práctico es adquirido por parte de los estudiantes.

Por último, los centros asistenciales y campus clínicos corresponden a los canales por donde los profesionales de salud entregan servicios sanitarios a la sociedad.

## **Relación con el Cliente**

Si bien la Facultad de Medicina cuenta con distintos segmentos de clientes, esta se relaciona tanto de manera directa como indirecta con ellos, teniendo distintos grados de intimidad:

- **Directa:** Esta se da con los estudiantes de manera tanto colectiva al asistir a clases tanto presenciales como online, y personal cuando interactúan directamente con el docente en las visitas a campus clínicos y con los becados de especialidad. También existe una relación directa y personal cuando los pacientes reciben atención en los servicios de salud por parte de los profesionales de la facultad.
- **Indirecta:** Esta corresponde a cuando los estudiantes estudian a través del material puesto a su disposición a través de la plataforma web oficial de la universidad, como también con la adquisición de conocimientos por parte de la sociedad al realizarse investigaciones y/o innovaciones realizadas por los miembros de la FAMED.

## **Fuentes de Ingreso**

Entre las fuentes de ingresos que se reciben por la entrega de los distintos puntos de la propuesta de valor, se destacan:

- **Aranceles:** Correspondiente al pago por parte de los estudiantes por su respectivo programa de pregrado, postgrado o postítulo, y los pagos que realizan los becados.
- **Venta de Servicios:** Los que corresponden a consultorías como, por ejemplo, de acreditación y calidad y el diseño de gestión de redes asistenciales; al Centro de Equipamiento y Servicios de Apoyo Tecnológico, y la venta de servicios que realiza la Unidad de Reválida a ASOFAMECH, al acreditar a los médicos mediante la vía propuesta por esta.
- **Proyectos:** Corresponde al financiamiento público como privado que reciben los proyectos de investigación y/o innovación desarrollados en la facultad.

## **Recursos Clave**

Hace referencia a aquellos activos fundamentales para la correcta entrega de la propuesta de valor a los clientes finales, como lo son los docentes, funcionarios y el personal de apoyo de excelencia tanto para la docencia, como la investigación y atención sanitaria. También se cuenta con la infraestructura, presente en 5 campus, con los laboratorios equipados para realizar docencia, investigación y la revalidación de títulos.

## **Actividades Clave**

Son aquellas acciones que resultan vitales tanto para que la organización funcione, y que permiten el correcto uso de los recursos clave para poder crear y ofrecer la propuesta de valor. Entre ellos destacan el proceso de nuevos desarrollos que permiten incorporar las oportunidades de mercado existentes, dar solución a los requerimientos de los clientes o desarrollar investigaciones e innovaciones del ámbito sanitario; y el proceso de planificación y evaluaciones, que incluye la gestión de la infraestructura, docentes y funcionarios, durante el año académico.

## **Socios Clave**

Corresponden a la red de aliados, proveedores y/o socios que ayudan a llevar a cabo la actividad de la organización. Para FAMED estos son: el MINSAL, y en específico el vínculo que este permite con los hospitales públicos donde los estudiantes realizan sus trabajos prácticos. También existe una alianza con los académicos de la Facultad de Ingeniería, con el fin de generar investigación multidisciplinaria para dar solución a problemáticas a nivel país. Además, existen alianzas con el sector privado y asociaciones profesionales, donde los estudiantes pueden realizar sus rotaciones, y donde destaca ASOFAMECH, que es la encargada de la gestión del EUNACOM.

## **Estructura de Costos**

Este punto hace referencia a aquellos pagos necesarios para la operación de la organización. Ente ellos destacan las remuneraciones de los docentes, funcionarios y personal de apoyo; el gasto en las distintas investigaciones realizadas por el cuerpo académico de la facultad; y las distintas actividades propias de cada departamento.

### **3.3. Diagnóstico de la Situación Actual**

Como ha sido mencionado, el problema identificado es: ¿Cómo mejorar el proceso de Revalida para garantizar igualdad de condiciones en la rendición de pruebas para los revalidantes bajo una demanda y complejidad creciente?”. Para analizar los distintos escenarios donde es posible dar una solución (aunque sea de forma parcial) se empleó la metodología de Árbol de problemas, en su versión de Árbol How (Chevallier, 2016), para su primera apertura se han utilizado los patrones de negocio (Barros, 2015).

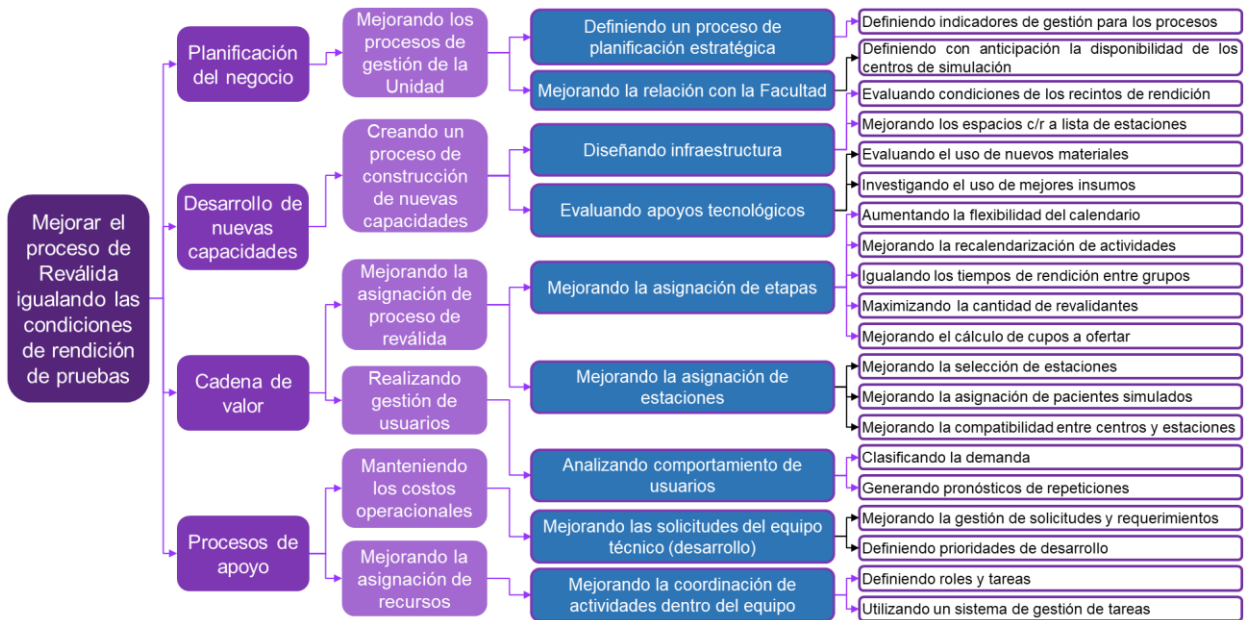


Figura 6: Análisis de problema a partir de un Árbol-How.

Fuente: Elaboración Propia.

De este análisis se desprenden 9 hipótesis que para mejorar la situación actual dando solución total o parcial del problema detectado. Éstas fueron analizadas y comparadas en cuanto a la dificultad de implementación y el impacto que podrían lograr en la organización, mediante la creación de una matriz de esfuerzo-impacto:

- **Hipótesis n°1 (H1):** Mejorando los procesos de gestión de la Unidad a través de la definición de un proceso de planificación estratégica que permita generar indicadores de gestión, con los que se pueda trabajar para mejorarlos.
- **Hipótesis n°2 (H2):** Mejorando los procesos de gestión de la Unidad a través de una mejor relación con la Facultad de Medicina de la UCH, con la que se pueda definir anticipadamente la disponibilidad de los centros de simulación.
- **Hipótesis n°3 (H3):** Creando un proceso de construcción de nuevas capacidades, a través del diseño de la infraestructura que permita evaluar las condiciones actuales de los centros y plantear mejoras para aumentar la compatibilidad con la lista de estaciones disponibles.
- **Hipótesis n°4 (H4):** Evaluando apoyos tecnológicos que permitan el uso de nuevas tecnologías e insumos en las evaluaciones.

- Hipótesis n°5 (H5): Mejorando la asignación de etapas, permitiendo una recalendarización de las actividades considerando obtener un calendario más flexible y que genere una disminución en los tiempos de generación de calendario, y maximizando la cantidad de cupos de revalidantes a ofertar.
- Hipótesis n°6 (H6): Mejorando la asignación estaciones asignadas a cada etapa, que permita seleccionar aquellas con menos errores, pacientes simulados mejor evaluados, y la compatibilidad entre centros y estaciones.
- Hipótesis n°7 (H7): Analizando el comportamiento de los usuarios (revalidantes) con el fin de clasificar la demanda y generar pronósticos para la asignación de repeticiones.
- Hipótesis n°8 (H8): Mejorando las solicitudes de equipo técnico, que permitan disminuir retrabajos a través de la gestión de requerimientos y solicitudes, y definiendo las prioridades de desarrollo del equipo.
- Hipótesis n°9 (H9): Mejorando asignación de recursos a través de la coordinación de las actividades del equipo, definiendo roles y tareas, combinado con la utilización de un sistema de gestión de tareas.

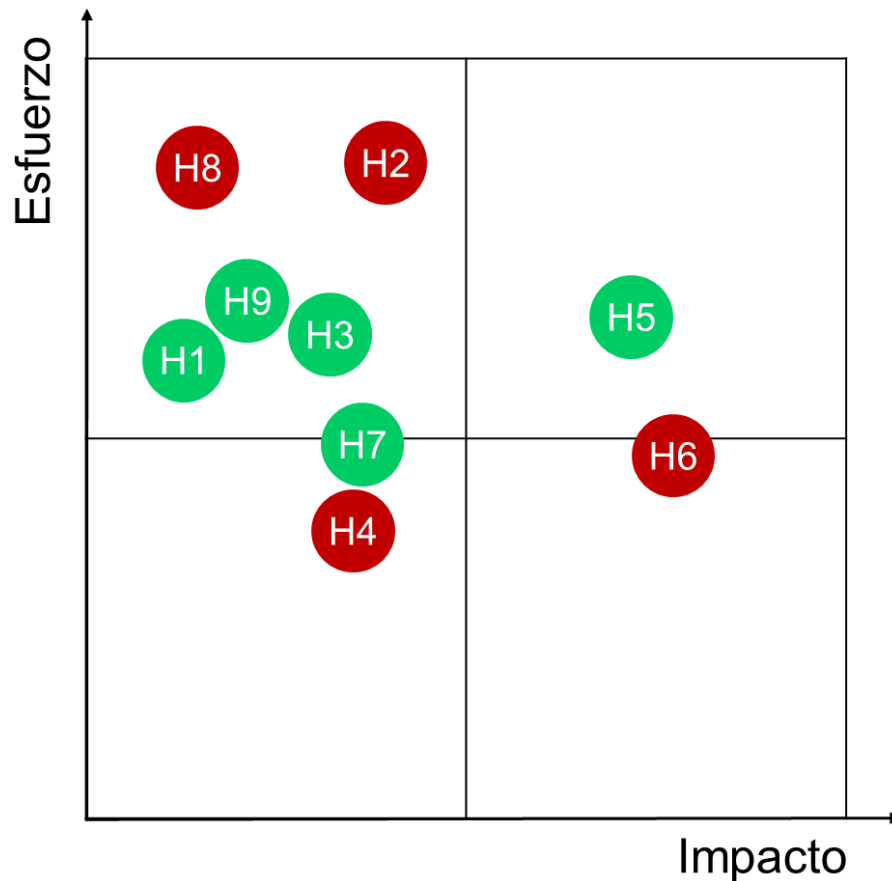


Figura 7: Matriz de esfuerzo-impacto (En rojo aquellas no implementables o fuera del ámbito de acción).

Fuente: Elaboración propia.

A partir del análisis de esta matriz se determina que a tratar es la Hipótesis N°5: “Mejorando la asignación de etapas, permitiendo una recalendarización de las actividades considerando obtener un calendario más flexible y que genere una disminución en los tiempos de generación de calendario, y maximizando la cantidad de cupos de revalidantes a ofertar”. Esta fue elegida debido a que posee un impacto medio-alto y la urgencia de la contingencia, sobre todo por la recalendarización de actividades online y presenciales durante la pandemia del COVID-19, y una posterior calendarización de actividades ya terminado el periodo 2020/2021.

### 3.3.1. Problemas Identificados

En base a la hipótesis escogida para tratar, y realizando un análisis al problema original, es posible encontrar 2 subproblemas a los que se busca dar solución en el proyecto:



### ***3.3.1.1. Problema de Calendarización de Actividades Semestrales***

El primero de los problemas hace referencia a que actualmente la calendarización de actividades semestrales, utilizando la disponibilidad de los centros de simulación. Esta calendarización debe respetar las siguientes reglas:

1. La duración de cada semestre es de 16 semanas.
2. La disponibilidad de los centros no es siempre constante durante el semestre.
3. Todos los revalidantes deben rendir 4 etapas de especialidades distintas.
4. Un revalidante siempre rinde sus especialidades con la misma distancia en cuanto a semanas.
5. Los revalidantes son asignados a grupos, lo que define la semana en que comienzan el proceso y el espaciamiento entre cada una de sus etapas.
6. Estos grupos pueden tener 4 configuraciones, según el espaciamiento equidistante entre las etapas, este puede ser 1, 2, 3 o 4 semanas entre cada una.

Esta asignación al ser realizada a mano genera grandes 2 ineficiencias:

1. La planificación semestral es realizada por personal altamente calificado, tomándoles aproximadamente 2 días hábiles, lo que refleja un costo de oportunidad de ser asignados a otra tarea en un tiempo crucial como es el previo a comenzar el semestre.
2. No se tiene certeza que la combinatoria de grupos, su configuración de inicio y espaciamiento, y la cantidad de revalidantes que componen a cada uno maximice la cantidad de cupos a ofertar. Como cada revalidante realiza un pago para rendir el examen, el no maximizar su cantidad genera un costo de oportunidad.

### ***3.3.1.2. Problema de Recalendarización de Actividades o Asignación de Revalidantes y Pruebas***

El problema de recalendarizar las actividades se aborda exclusivamente para el periodo 2019-2020-2021, donde hay presentes revalidantes pendientes desde el Estallido Social vivido en Chile en octubre del 2019, aquellos que debían iniciar su proceso en el 2020 y que debido a la pandemia del Covid-19, se extiende como periodo de toma de exámenes al 2021.

Para este periodo, y debido a la pandemia mencionada, la que impide la toma de exámenes presenciales en ciertas comunas y limita los aforos, se permite a los revalidantes del periodo 2020 rendir de manera online utilizando un centro virtual por Google Meet, donde se conecta el revalidante, el paciente simulado y un evaluador, reunión que queda grabada. A diferencia de los revalidantes del periodo 2019 que no están habilitados para rendir en este centro, a excepción de que expresamente se declaren disponibles.

Además, se han encontrado revalidantes que cuentan con exclusiones de asignación, por ejemplo, que por motivos de imposibilidad de desplazamiento desde otras regiones se les puede evaluar solamente mediante el centro virtual; por otro lado, hay algunos revalidantes que por sospecha de incurrir en fraude (como buscar en internet durante una evaluación) sólo podrán rendir de manera presencial.

También, para este periodo extraordinario se ha determinado que los revalidantes rindan 3 de las 6 estaciones en cada evaluación, de manera que, de obtener un bajo puntaje, deberá rendir si o si de manera presencial su segunda mitad, a modo de darle todas las ventajas que tienen las evaluaciones tradicionales y presenciales para que logre aprobar la especialidad. Esto significa que un revalidante es asignado a su primera mitad de etapa sin conocer la modalidad (Online o Presencial) que estará habilitado a rendir la segunda.

Una vez terminado el proceso, los revalidantes tienen la opción de repetir una de las especialidades que tenga reprobada. Esta es asignada de la misma manera que las etapas que ya rindió, rindiendo en dos tandas de 3 estaciones, con la salvedad de que todos los revalidantes están habilitados para rendir de manera online, excepto a que presente alguna exclusión.

Para la asignación, los revalidantes han sido incluidos en grupos, los que pueden ser del periodo anterior o del actual, con las diferencias ya descritas. Además, a algunos de los grupos del periodo actual se les ha determinado una fecha específica para rendir sus especialidades, donde se necesita asignarlos entre esas fechas, o con el menor atraso posible, como se muestra a continuación:

Tabla 2: Fechas calendarizadas en que se ha acordado que algunos grupos deben rendir sus especialidades.

Fuente: HojaMadre.xlsx, pestaña Grupos.

idGrupo	Grupo	Cantidad	Medicina Interna	Pediatría	Ginecología	Cirugía
11	Nuevo 1	50	6 al 10 de julio	20 al 24 de julio	3 al 7 de agosto	17 al 21 de agosto
12	Nuevo 2	50	6 al 10 de julio	20 al 24 de julio	3 al 7 de agosto	17 al 21 de agosto
13	Nuevo 3	50	13 al 17 de julio	27 al 31 de julio	10 al 14 de agosto	24 al 28 de agosto
14	Nuevo 4	50	24 al 28 de agosto	13 al 17 de julio	27 al 31 de julio	10 al 14 de agosto
15	Nuevo 5	50	27 al 31 de julio	10 al 14 de agosto	24 al 28 de agosto	7 al 11 de septiembre
16	Nuevo 6	100	31 de agosto al 04 de septiembre	17 al 21 de agosto	7 al 11 de septiembre	21 al 25 de septiembre
17	Nuevo 7	100	19 al 23 de octubre 2020	5 al 9 de octubre 2020	07 al 11 de septiembre 2020	21 al 25 de septiembre 2020
18	Nuevo 8	100	19 al 23 de octubre 2020	5 al 9 de octubre 2020	9 al 13 de noviembre 2020	23 al 27 de noviembre 2020
19	Nuevo 9	100	21 al 24 de diciembre 2020	7 al 11 de diciembre 2020	9 al 13 de noviembre 2020	23 al 27 de noviembre 2020
20	Nuevo 10	50	21 al 24 de diciembre 2020	7 al 11 de diciembre 2020	4 al 08 de enero 2021	18 al 22 de enero 2021
21	Nuevo 11	50	22 al 26 de marzo 2021	08 al 12 de marzo 2021	4 al 08 de enero 2021	18 al 22 de enero 2021
22	Nuevo 12	250	22 al 26 de marzo 2021	08 al 12 de marzo 2021	12 al 16 de abril 2021	26 al 30 de abril 2021
23	Nuevo 13	250	29 de marzo al 2 de abril 2021	15 al 19 de marzo 2021	19 al 23 de abril 2021	03 al 07 de mayo 2021
24	Nuevo 14	250	24 al 28 de mayo 2021	10 al 14 de mayo 2021	07 al 11 de junio 2021	21 al 24 de junio 2021
25	Nuevo 15	250	31 de mayo al 4 de junio 2021	17 al 20 de mayo 2021	14 al 17 de junio 2021	28 de junio al 02 de julio 2021

Otro punto a tener en cuenta es que la creación de pruebas tiene costos de utilización del espacio, los evaluadores y los pacientes simulados, por lo que es necesario terminar con los pendientes en la menor cantidad de pruebas posible. Además, como es un proceso atrasado, se solicita que se generen la mayor cantidad de egresos en las fechas más próximas, lo que genera liquidez ya que ASOFAMECH realiza el pago por el revalidante cuando termina el proceso.

### 3.3.2. Arquitectura de Procesos AS IS

La arquitectura de macroprocesos es utilizada para la modelar los procesos centrales de una organización. Este framework define la arquitectura de la organización utilizando patrones de procesos que se dan como grandes grupos de actividades las que se definen como Macroprocesos, los cuales son: *Planificación del Negocio, Desarrollo de Nuevas Capacidades, Cadena de Valor y Gestión de Recursos Habilitadores* (Barros, 2015).

Para modelar los procesos de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile, se han utilizado los trabajos de Núñez (2018) y Montenegro (2018), pero realizando un enfoque en la actividad de la Unidad de Reválida. Para este modelamiento se utiliza la notación IDEF0, la que se detalla a continuación:

### **Macroprocesos Nivel 0**

En este punto se instancia el nombre del proceso general que engloba a los 4 macroprocesos y los principales inputs, outputs, controles y mecanismos.

Los inputs que se utilizaran son: La información del mercado, Requerimientos de la Sociedad, Insumos, Requerimientos de ASOFAMECH y los Revalidantes que pueden ser por medio de ASOFAMECH o por medio de la misma Universidad de Chile.

Los mecanismos utilizados son la Infraestructura que dispone la facultad, los Recursos Humanos y los Estudiantes.

Los controles a utilizar destacan la Normativa ASOFAMECH para la toma de exámenes del EUNACOM-SP, El Reglamento Universitario, y en lo legal, la Ley N° 20.261 y Decreto de Salud N° 8/2009.

Los outputs esperados son la Investigación y Extensión, Información al Mercado y Profesionales del área de la Salud aprobados y los que han reprobado el EUNACOM.

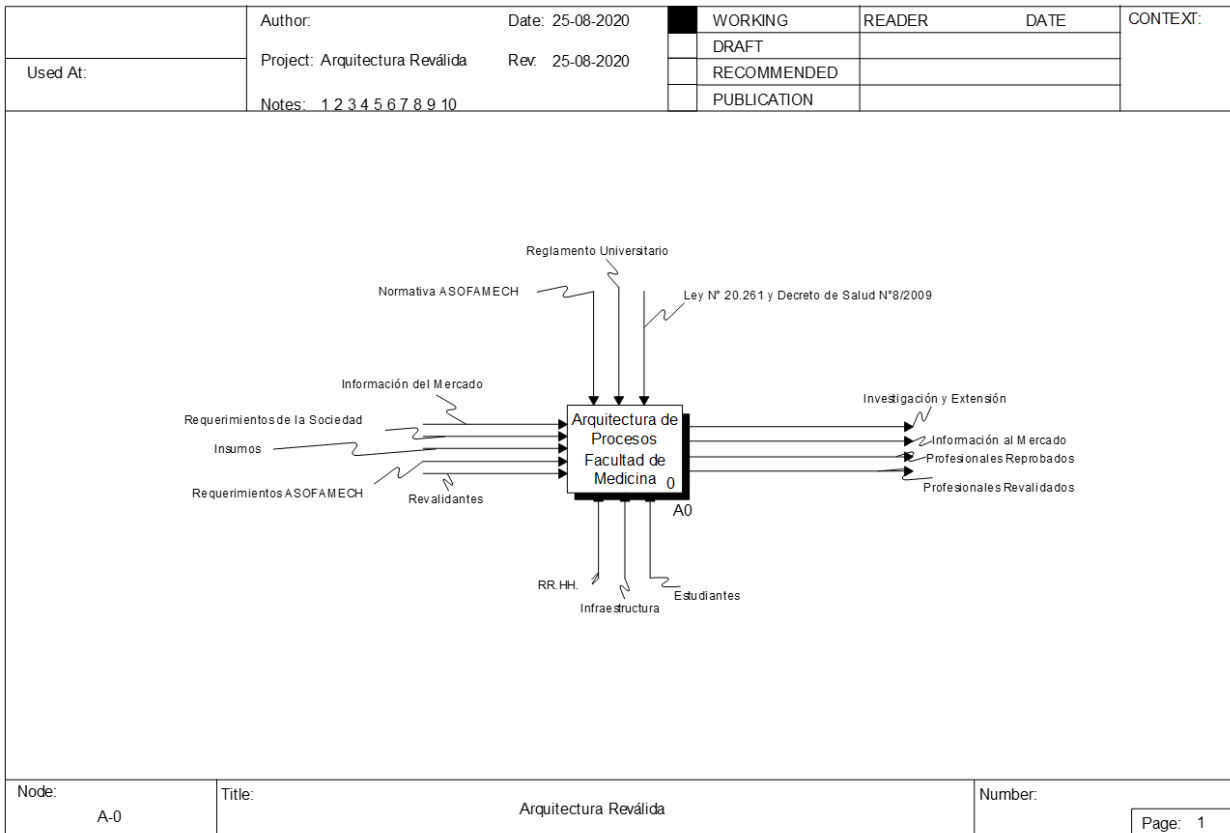


Figura 8: Diagrama de arquitectura de procesos nivel A-0 de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile.

Fuente: Desarrollado íntegramente a partir de los trabajos realizados por Núñez (2018) y Montenegro (2018). Elaboración propia

## Macroprocesos Nivel I

En este nivel se destacan los 4 macroprocesos que definen el funcionamiento general de la organización y se identifica el principal ámbito donde se desarrolla el proyecto.

La Figura N°9 detalla la arquitectura de procesos de la Facultad de Medicina, donde se ha modelado con dos cadenas de valor, la *Formación Profesional*, *Investigación y Extensión*, y la *Revalidación de Títulos Extranjeros*, las que operan de manera independiente, pero comparten inputs como insumos, mecanismos como la infraestructura, controles como normativas internas y legales y productos del Desarrollo de Nuevas capacidades, y de la Planificación de la Facultad de Medicina.

La Cadena de valor donde se encuentra el proyecto detallado es la de *Revalidación de Títulos Extranjeros*, la que tiene como input a los Revalidantes que son aquellos médicos extranjeros que buscan poder ejercer la medicina en Chile, y por lo tanto se inscriben para dar el examen; los insumos necesarios como materiales de grabación tanto de audio como de video; y los requerimientos que da ASOFAMECH como por ejemplo tener cierta cantidad de grupos que finalicen de manera rápida, es decir, rindan las 4 especialidades con 1 semana de espaciamiento entre una y otra, o que ciertos revalidantes rindan solo algunas de las especialidades ya que tienen vigente un resultado de proceso anteriores. Entre los controles está la Normativa que ASOFAMECH tiene para la toma de exámenes, como que los revalidantes no deben rendir más de una especialidad a la semana; en lo legal, la Ley N° 20.261 y Decreto de Salud N° 8/2009, que determinan el reglamento para la rendición del EUNACOM, los Planes y Metas que define la Facultad de Medicina; y los desarrollos de Nuevas Capacidades que se generan en proyectos o mejoras tecnológicas. Y los outputs que tiene son las Necesidades del proceso hacia los Servicios Centrales y de Apoyo, Propuestas de Innovaciones (Nuevas Ideas), profesionales que han reprobado su EUNACOM, y profesionales capacitados para la sociedad chilena, esta información puede apreciarse en la siguiente figura:

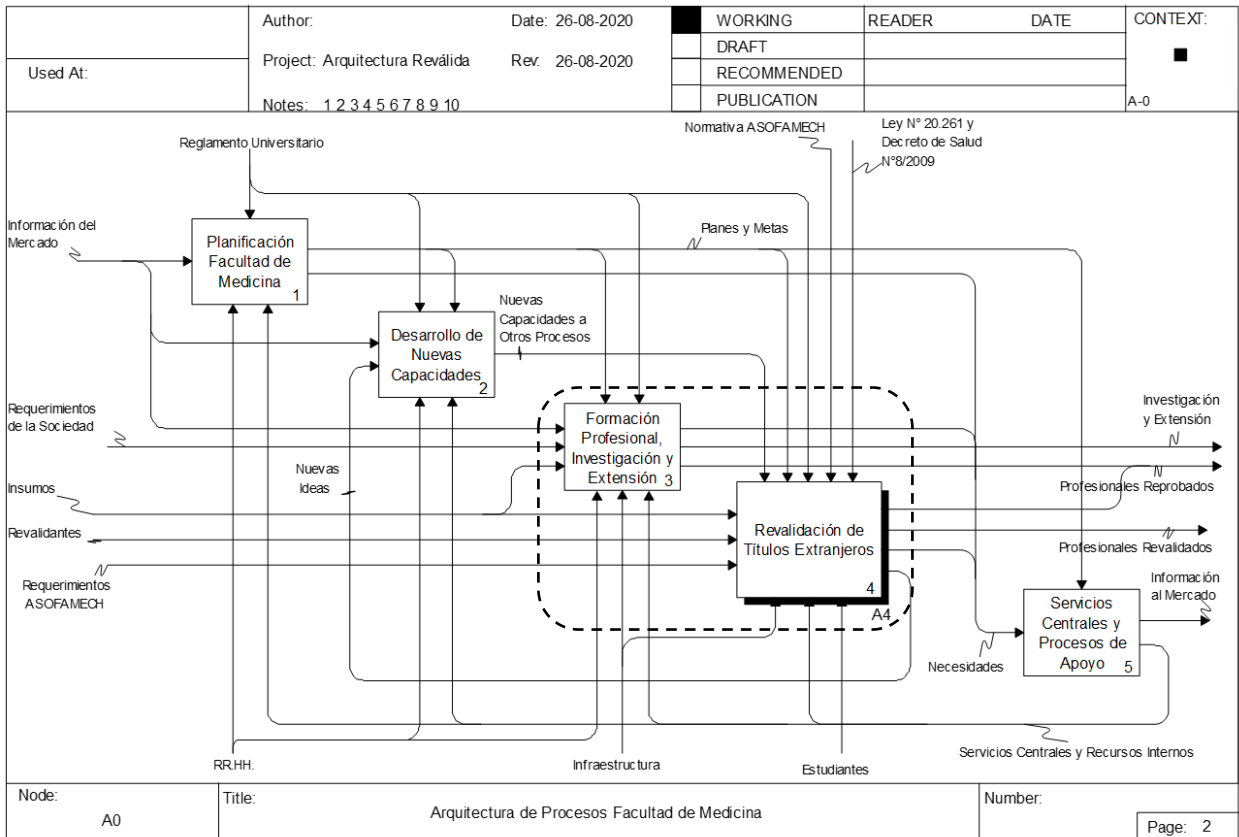


Figura 9: Diagrama de arquitectura de procesos nivel A0 de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile.

Fuente: Desarrollado íntegramente a partir de los trabajos realizados por Núñez (2018) y Montenegro (2018). Elaboración propia

## Macroprocesos Nivel II

Dentro de la cadena de valor seleccionada se ubica el proyecto en la Gestión de Rendición y Evaluación del EUNACOM (como se ve en la Figura 10), que es donde se realizan la planificación, programación y control pertinentes para que se desempeñe de manera correcta la producción y entrega, que en este caso corresponde a la toma de los exámenes del EUNACOM, evaluación, y la entrega correcta de los resultados obtenidos a cada revalidante.

En este proceso se realiza la planificación de las pruebas a tomar durante el semestre, las necesidades que se tendrán, la proyección de los recursos humanos e infraestructura que se necesitarán para estas pruebas y nuevas ideas de proyectos de mejora del proceso.

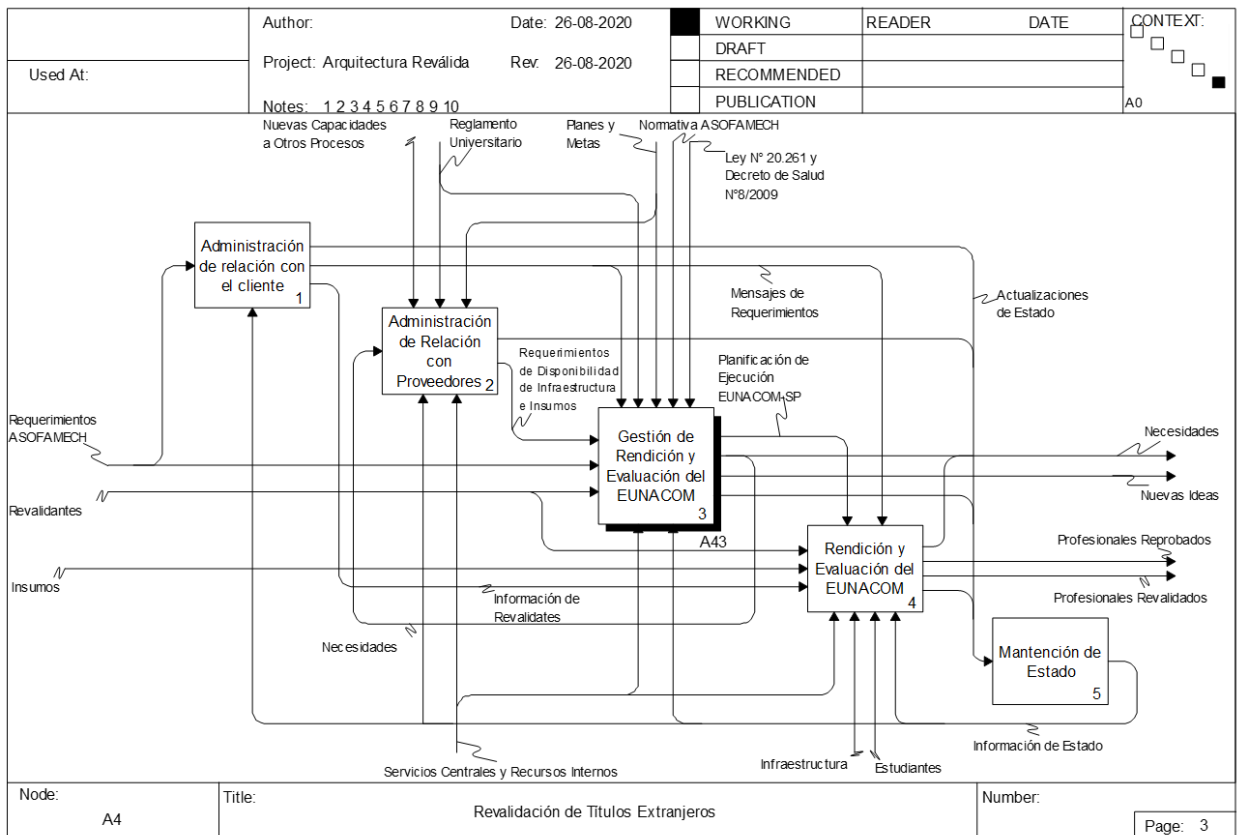


Figura 10: Diagrama de arquitectura de procesos nivel A4, Cadena de Valor de Revalidación de Títulos Extranjeros.

Fuente: Elaboración Propia.

### Macroprocesos Nivel III

Observando dentro de la Gestión de Rendición y Evaluación del EUNACOM, es posible identificar que el proyecto se ubica dentro de la Planificación de Rendición de Exámenes, siendo los exámenes las etapas del EUNACOM-SP, y corresponde donde se genera el calendario, según la capacidad que se tenga en cuanto a infraestructura y los RRHH que se dispongan. La representación de este nivel se muestra a continuación:



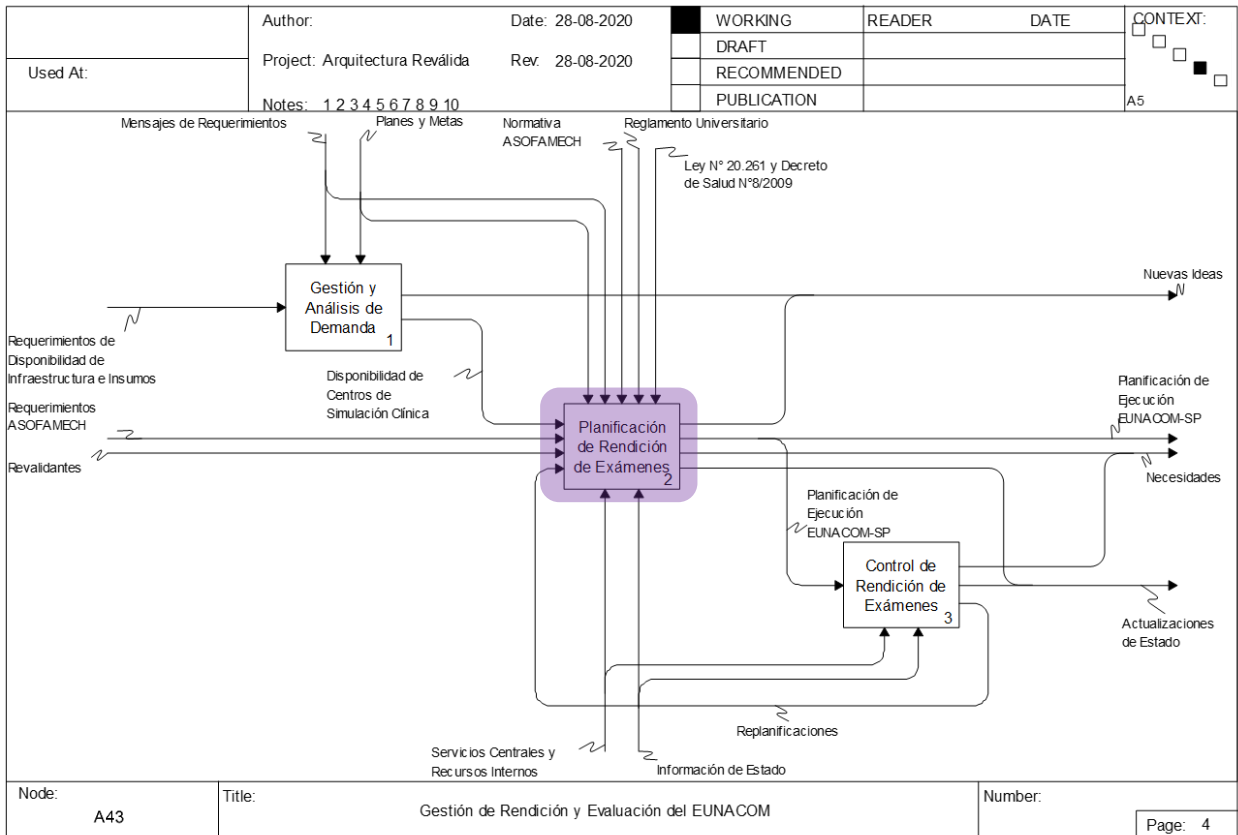


Figura 11: Diagrama de arquitectura de procesos nivel A43, Gestión de Rendición y Evaluación del EUNACOM.

Fuente: Elaboración Propia

### 3.3.3. Modelamiento Detallado de Procesos AS IS

Para modelar ambos problemas a solucionar, se han detallado dos procesos, uno de ellos corresponde al proceso de Recalendarización de Actividades para el periodo 2020/2021, el cual difiere del proceso definido por la Unidad de Reválida debido a la imposibilidad de tomar etapas de manera presencial y posteriores reducciones de aforo por la pandemia del Covid-19, por lo que se creó un proceso solo para lograr cerrar el periodo de la mejor manera. Ambos procesos se detallan a continuación:

#### 3.3.3.1. Modelamiento Detallado de Procesos AS IS del Proceso Operativo de Reválida (Calendarización de Actividades semestrales)

Para el problema de calendarización de actividades en un periodo normal, el proceso se ha dividido en 3 partes, para su análisis detallado, de la siguiente manera:

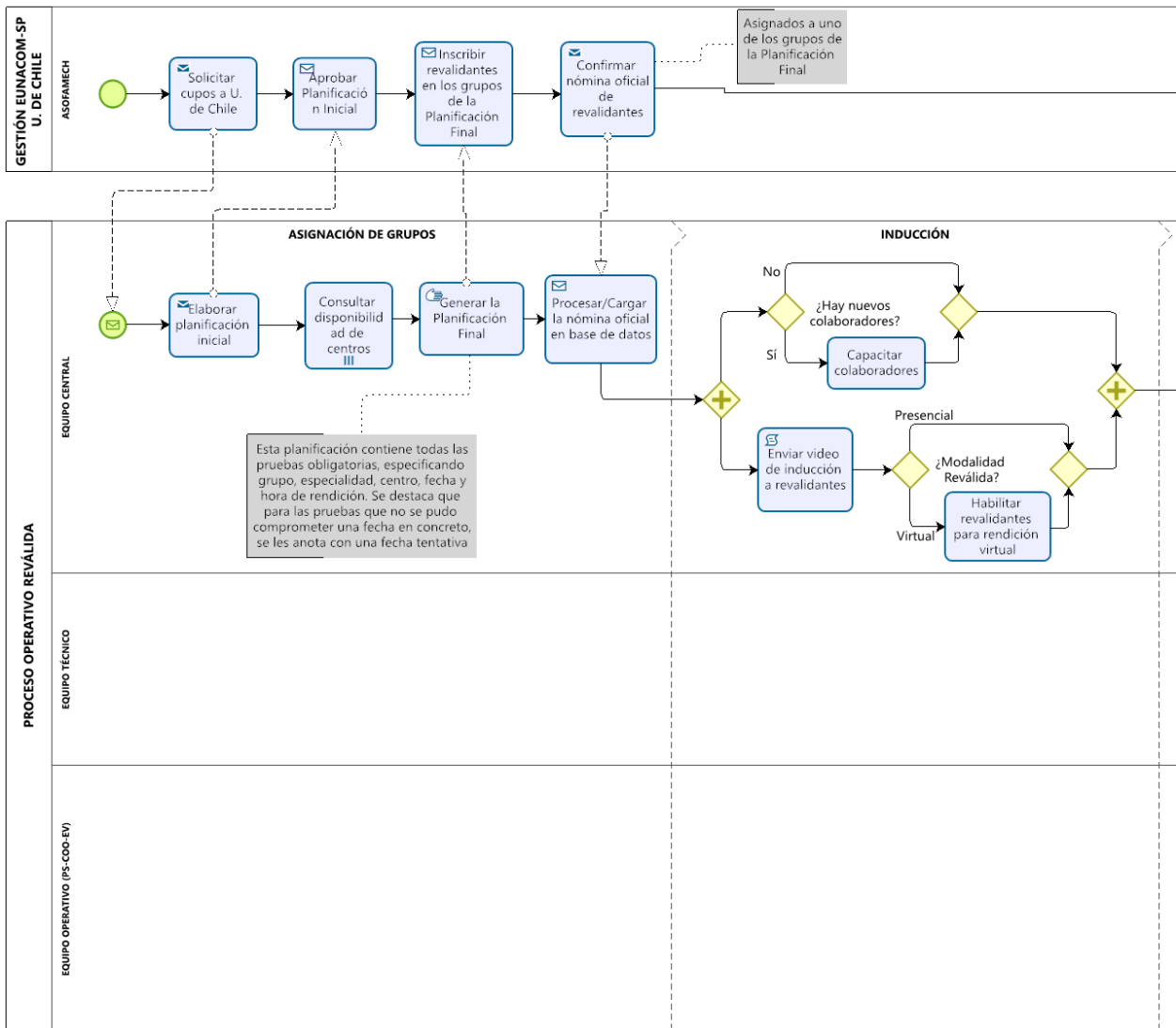


Figura 12: Diagrama actual del Macroproceso Operativo de la Unidad de Reválida.

Fuente: Macroproceso Operativo 2021.

En la Figura 12, se observa que el proceso comienza cuando ASOFAMECH ya cuenta con los revalidantes que aprobaron la parte teórica del examen (EUNACOM-ST) y solicita cupos a la Universidad de Chile para la toma de la parte teórica. Por su parte el Equipo Central de la Unidad de Reválida comienza la etapa de Asignación de Grupos, donde elabora una planificación inicial, que es un cálculo aproximado de la capacidad de revalidantes que la Universidad de Chile es capaz de evaluar en 20 semanas, utilizando la disponibilidad de los centros de simulación del semestre anterior, la que es recibida y revisada por ASOFAMECH. Esta planificación representa una guía del orden que tendrá el semestre, utilizando sólo 4 grupos y se utiliza para comenzar las gestiones de la inducción del Reválida.

A continuación, el Equipo Central confirma con los distintos centros de simulación su disponibilidad durante el semestre a planificar, y elabora la Planificación Final del semestre y conformación de grupos, con el número de revalidantes que cada uno contendrá. Esta planificación es enviada a ASOFAMECH para la inscripción de los revalidantes en los grupos creados llenando así la nómina oficial de revalidantes, la que, una vez enviada a la Unidad de Reválida conteniendo los datos personales de cada revalidante, el grupo al que pertenecen y las etapas inscritas (fecha, centro y horario en que cada revalidante rinde cada etapa). Esta información es procesada y/o cargada por el equipo central en la base de datos.

Un grupo es definido por la fecha en la que esos revalidantes inician el proceso, y cuenta con una configuración única de fechas en que estos rendirán las 4 etapas obligatorias. Luego, los revalidantes pueden inscribirse en una de estas especialidades como repetición, donde ya no son fijadas las fechas para los grupos, sino que se generan nuevos grupos de repetición. Esta configuración debe cumplir las siguientes restricciones en cuanto a la frecuencia en que se rinden las pruebas:

1. Cada revalidante puede rendir una especialidad a la semana.
2. Cada revalidante debe rendir pruebas consecutivas con una separación máxima de 4 semanas.
3. Para rendir la prueba de repetición, el revalidante debe primero haber rendido las 4 etapas obligatorias.
4. La prueba de repetición de cada revalidante debe tener una separación mínima de 2 semanas con respecto a la última prueba rendida.

Con la nómina oficial de revalidantes incluida en la base de datos de la Unidad de Reválida se da paso a la Inducción, que consiste en la capacitación de los colaboradores nuevos (Como coordinadores, validadores de pruebas y pacientes simulados), y de los revalidantes, a través de un video de inducción. Además, si el revalidante está habilitado para la rendición Virtual de los ECOE, se le hace una capacitación adicional para que esté preparado para la modalidad.

Luego, se continúa con la Planificación, la que se muestra en la Figura 13, la que comienza con el subproceso de Elección y Construcción de Pruebas, donde se asignan las 6 estaciones que serán evaluadas en cada prueba, cumpliendo con que las estaciones asignadas sean de la especialidad correspondiente, y que el nivel de dificultad de 4 de ellas sea medio (entre un 33.3% y un 66.6% de aprobación histórica), una de nivel fácil (entre 66.6% y 100% de aprobación

histórica) y una difícil (entre 0% y 33.3% de aprobación histórica), que pruebas de la misma especialidad no repitan estaciones en 28 días, excepto a que sean pruebas espejo (es decir, pruebas que se rinden de manera simultánea). También, se realiza la asignación colaboradores de Reválida (validadores, evaluadores y pacientes simulados). Este subproceso da paso a los subprocesos de Gestión de Ensayos y de Gestión de Papelería e Insumos. El primero corresponde a la asignación manual de revalidantes a las pruebas ya creadas, que tengan cupos disponibles en la modalidad de ensayo, que corresponde que un revalidante rinda una prueba sin que sea parte de las 4 oportunidades oficiales, a modo de práctica para su prueba oficial, pero, si logra obtener un puntaje sobre el 60% el revalidante puede optar por inscribir este resultado como el oficial, pasando a la segunda mitad de su etapa. El segundo, corresponde al envío, un día antes de la prueba, de un resumen de información al equipo coordinador con la información de la nómina de los revalidantes, pacientes simulados y coordinadores asignados a las pruebas a evaluarse, la información de la prueba (especialidad, centro, sector y horario), e información oficial de las estaciones. También, se le indica a los revalidantes si deben rendir en la primera o segunda mitad del bloque, de tal manera que puedan programarse para llegar con 15 minutos de anticipación. También se realiza la impresión de la papelería y traslado al centro correspondiente, junto con los insumos necesarios para montar las estaciones. Por último, se inscribe la nómina oficial de la jornada en la matriz ECOE, conteniendo tanto a colaboradores como a revalidantes.

La siguiente etapa corresponde a la Implementación ECOE, que es la rendición del examen, el cual puede ser de modalidad presencial u online. En esta los coordinadores registran los eventos que puedan llegar a ocurrir antes, durante, o después de la prueba; generan los registros de la prueba como el traspaso de la grabación desde las cámaras a un computador, y la creación de un Informe de Ejecución, y la información para la evaluación posterior.

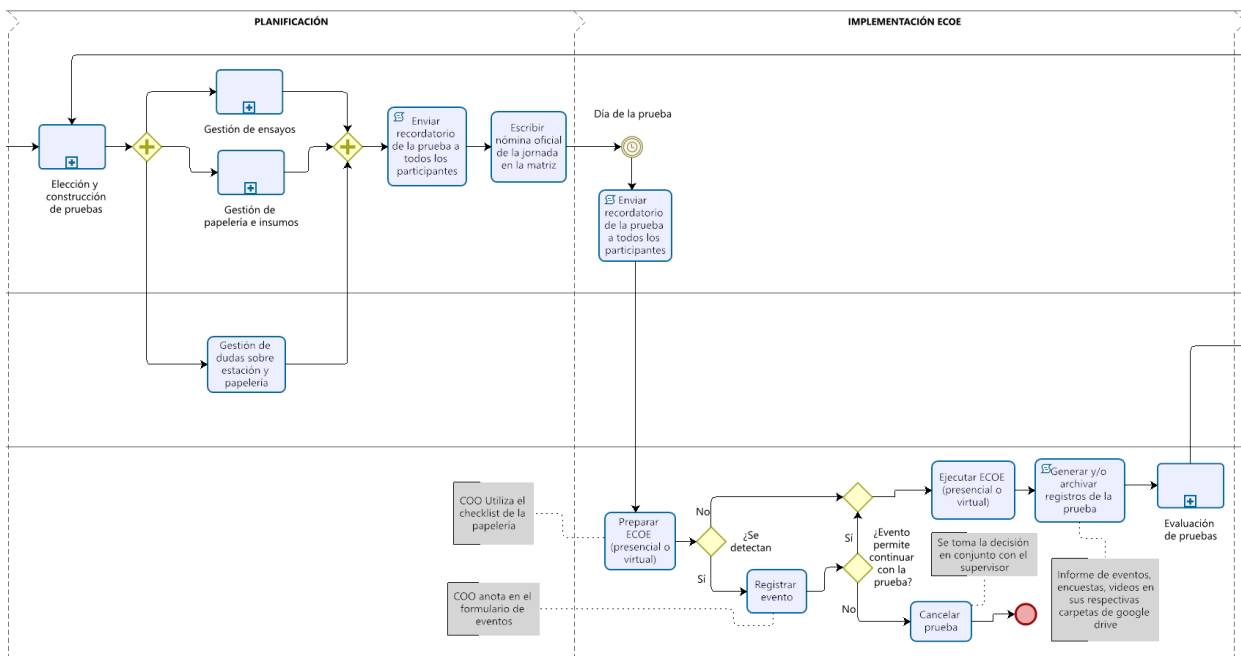


Figura 13: Diagrama actual del Macroproceso Operativo de la Unidad de Revólida.

Fuente: Macroproceso Operativo 2021.

La siguiente etapa es la de análisis de resultados (ver la Figura 14), que comienza con la revisión de que todos los puntajes de las pruebas hayan sido ingresados a la matriz ECOE. Al ingresar los puntajes, los evaluadores pueden dejar comentarios si consideran que se vio afectada la evaluación, como el estado de la grabación, la pauta de evaluación o dudas sobre el criterio empleado para la asignación de puntajes. También se realizan comentarios sobre los pacientes simulados, de tal manera de poder mejorar los guiones o poder seleccionar a los mejores actores.

Una vez revisados los comentarios e ingresados todos los puntajes se da por cerrada la matriz, con lo que se procede con el envío de los resultados a los revalidantes. Éstos pueden pedir una corrección de la prueba, donde el puntaje obtenido puede aumentar o decrecer, ya que su etapa es revisada por otro evaluador.

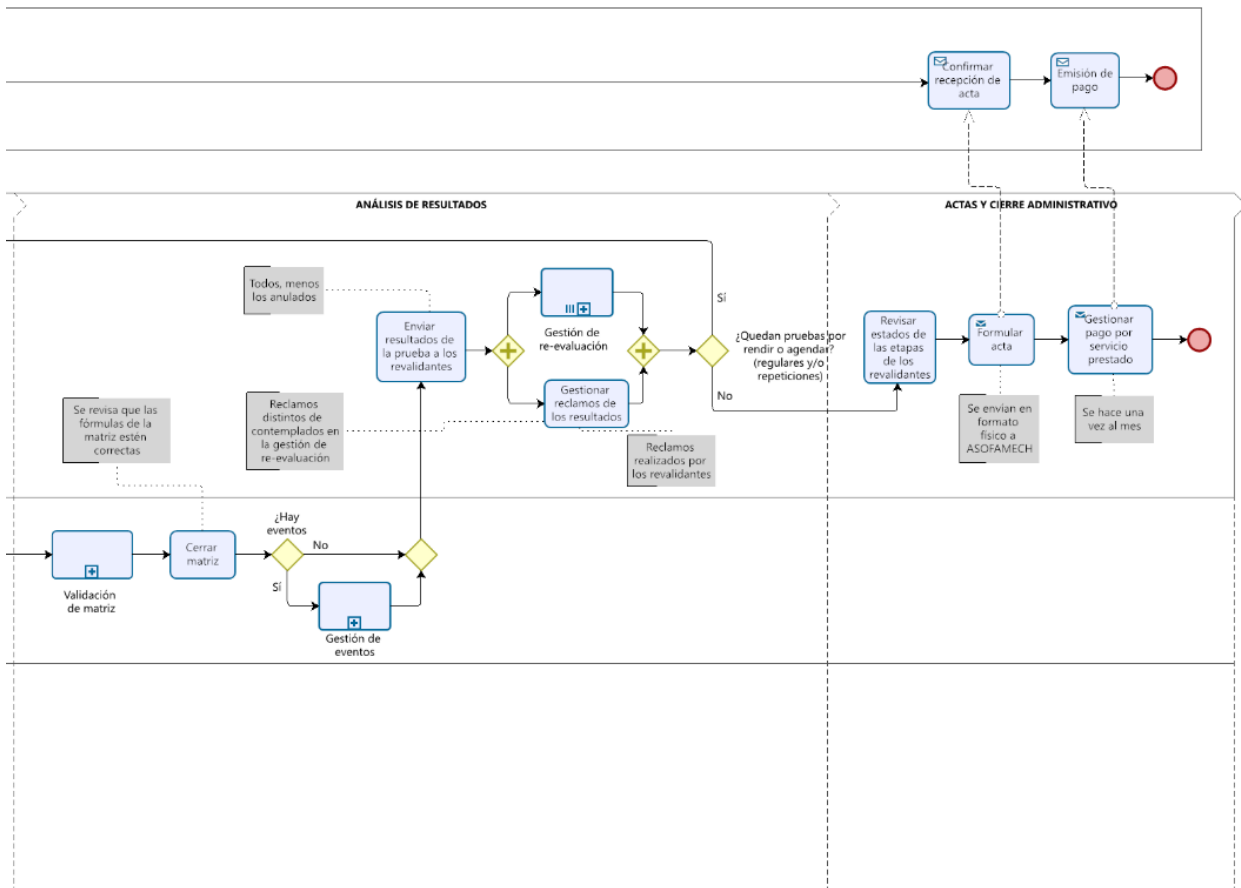


Figura 14: Diagrama actual del Macroproceso Operativo de la Unidad de Reválida.

Fuente: Macroproceso Operativo 2021.

Por último, se da paso a la etapa de Envío de Actas y Cierre Administrativo, que es donde los puntajes obtenidos por los revalidantes en sus pruebas se utilizan para generar estados de finalización, los que son ‘Aprobados’ o ‘Reprobado’. Una vez que un revalidante actualiza los estados de sus 4 etapas, y ha rendido su repetición (en el caso que lo solicite), se genera un acta de finalización, la que es enviada a ASOFAMECH y se gestiona el pago correspondiente desde esta entidad a la Unidad de Reválida, finalizando el proceso.

### 3.3.3.2. Modelamiento Detallado de Procesos AS IS del Subproceso de Elección y Construcción de Pruebas periodo 2020/2021 (Recalendarización de Actividades para el Periodo 2020/2021)

Por otro lado, el proceso de recalendarización de actividades para el periodo descrito ha sido creado dada la contingencia de la pandemia del Covid19, generándose un proceso único que

difiere del macroproceso operativo descrito, y se ha modelado de la siguiente manera, el cual se ha dividido en dos, para su análisis detallado:

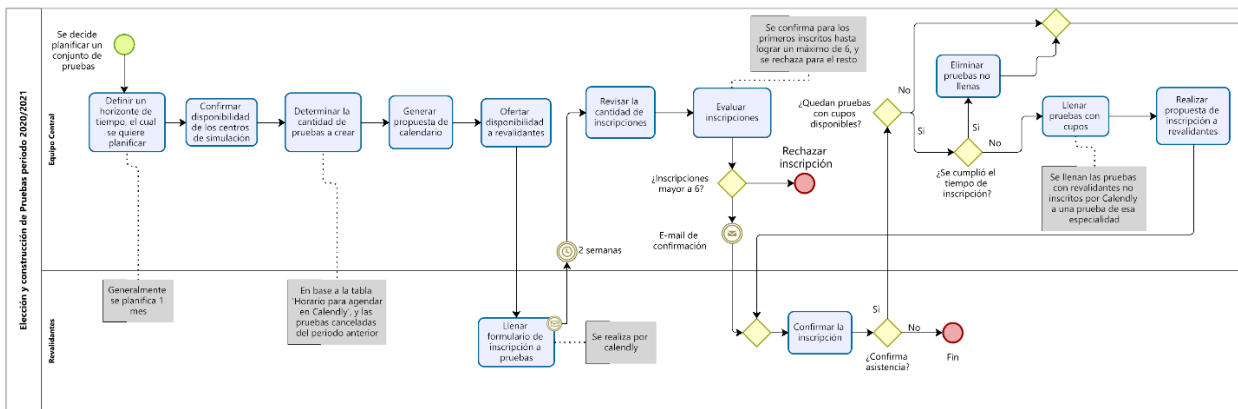


Figura 15: Diagrama actual del proceso de Elección y construcción de Pruebas para el periodo 2020/2021.

Fuente: Elaboración Propia

Como se aprecia en la Figura 15, se comienza el proceso con la definición del periodo que se desea programar. A continuación, se confirma la disponibilidad de los distintos centros de simulación para la creación de las pruebas. Una vez confirmada, se utiliza la calendarización realizada en la tabla Horario para Agendar en Calendly (ver Tabla 3) como base para la creación de pruebas del periodo. También, se consideran si el mes anterior se cancelaron pruebas y contando la cantidad de cancelaciones para cada especialidad, se generan más pruebas a modo de compensación, creando la propuesta de calendario que es ofertada a los revalidantes para que se inscriban mediante Calendly, de manera voluntaria, llenando un formulario. El proceso de inscripción se mantiene abierto durante dos semanas, donde una vez cerrado se revisan la cantidad de inscripciones a cada prueba, las que tienen un número máximo de 6 revalidantes. Posteriormente se confirma la inscripción de los revalidantes y de quedar cupos disponibles se llenan de manera manual con revalidantes disponibles para esa especialidad de la prueba, y se informa la inscripción. De no llenarse una prueba al tiempo destinado para ello, se cancela la prueba, donde se debe avisar a los revalidantes que si estaban inscritos.

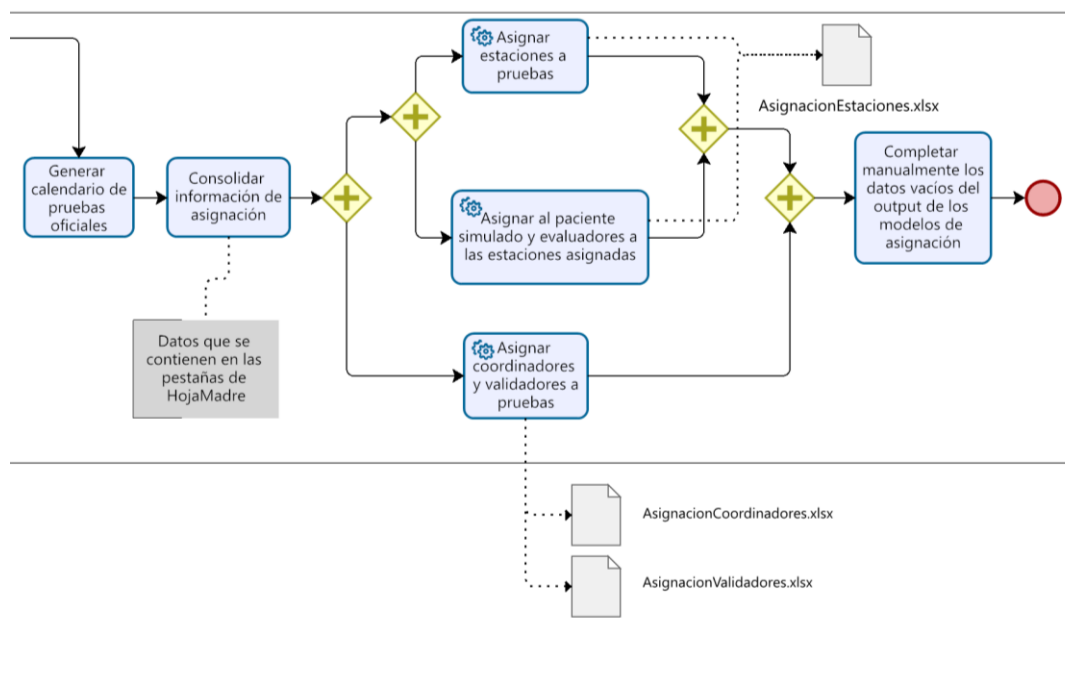


Figura 16: Diagrama actual del proceso de Elección y construcción de Pruebas para el periodo 2020/2021.

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se genera el calendario de pruebas oficiales, con lo que se debe consolidar la información para la asignación de Estaciones, Pacientes Simulados y Evaluadores, y de Coordinadores y Validadores. Por último, se asigna manualmente los datos vacíos de estas asignaciones.



Tabla 3: Pestaña 'Horario para Agendar en Calendly'.

Fuente: Horario para Agendar en Calendly.xlsx

Nº Bloque	Hora	Grupos	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado
1	08:30 a 10:30	08:30 a 09:10	Pediatría	Medicina interna	Pediatría	Medicina interna	Cirugía	Pediatría
		09:20 a 10:00	Pediatría	Medicina interna	Pediatría	Medicina interna	Cirugía	Pediatría
2	10:45 a 12:45	10:45 a 11:25	Cirugía	Medicina interna	Pediatría	Medicina interna	Cirugía	Pediatría
		11:35 a 12:15	Cirugía	Medicina interna	Pediatría	Medicina interna	Cirugía	Pediatría
3	13:45 a 15:45	13:45 a 14:25	Pediatría	Ginecología	Ginecología	Ginecología	Medicina interna	Medicina interna
		14:35 a 15:15	Pediatría	Ginecología	Ginecología	Ginecología	Medicina interna	Medicina interna
4	16:00 a 18:00	16:00 a 16:40	Ginecología	Ginecología	Cirugía	Pediatría	Medicina interna	Cirugía
		16:50 a 17:30	Ginecología	Ginecología	Cirugía	Pediatría	Medicina interna	Cirugía
5	18:15 a 20:15	18:15 a 18:55	Pediatría	Cirugía	Medicina interna	Cirugía	Ginecología	Ginecología
		19:05 a 19:45	Pediatría	Cirugía	Medicina interna	Cirugía	Ginecología	Ginecología

### 3.4. Cuantificación del Problema

Analizando el problema de calendarización semestral se observa que la etapa de Asignación de Grupos toma alrededor de 2 semanas, ya que es una tarea realizada de manera manual. Dentro de esta, lo que genera mayor tiempo de espera es que la respuesta de los centros de simulación sobre su disponibilidad durante el semestre. Sin embargo, se observa que existe la oportunidad de mejora en la creación de la planificación final del semestre, donde se observa que la tarea toma de al menos 4 días hábiles de dedicación completa de 2 integrantes altamente calificados de la Unidad de Reválida.

La planificación considera 16 semanas para la toma de exámenes, donde los revalidantes deben rendir sus 4 etapas, y posteriormente terminando este periodo se comienzan a agendar las repeticiones correspondientes. El único input que con el que se cuenta es la disponibilidad de los centros de simulación, con el cual se busca generar una configuración de grupos y fechas que maximice la cantidad de revalidantes que pueden ser evaluados en el semestre.

En cuanto al problema de recalendarización de actividades durante el periodo 2020/2021, se determinó que al 01/05/2021 se contaba con 1.376 revalidantes pendientes, y dependiendo de cuántas especialidades deben rendir aún, se identificó la siguiente distribución, donde 706 de ellos

aún no habían comenzado el proceso; 284 ya habían comenzado 1 de sus etapas; 151, 2 de ellas, y sólo 235 tenían una especialidad pendiente.



Figura 17: Cantidad de Revalidantes pendientes según la cantidad de especialidades que tienen pendientes.

Fuente: Elaboración Propia

Para este periodo, al comenzar de manera virtual y voluntaria, se permitió a los revalidantes rendir 3 de las 6 estaciones que componen una prueba completa, por lo que el avance de ellos en el proceso no se da de igual manera que en un periodo común. Además, hay revalidantes antiguos que según la modalidad pactada al momento de su inscripción con ASOFAMECH, sólo pueden rendir de manera presencial a menos que voluntariamente expresen su intención de rendir alguna de las especialidades de manera virtual.

Es por lo anterior que se han generado 3 estados si un revalidante está pendiente en una de sus etapas, los cuales son 'No rendido', que significa que el revalidante debe rendir las dos mitades de la especialidad; 'Pendiente presencial (3)', que corresponde a que el revalidante ya rindió una mitad de la especialidad, y puede rendir solamente de manera presencial la segunda, esto pasa por 2 motivos, el revalidante pertenece a uno de los grupos antiguos donde solo puede ser agendado de manera presencial, o el puntaje obtenido en esta primera mitad fue menor al 60% del total; y por último, 'Pendiente online o presencial (3)' que significa que el revalidante ya completó la primera mitad de su etapa, y puede ser asignado a su segunda mitad en modalidad tanto online como presencial. La cantidad de revalidantes pendientes por especialidad y según el estado se muestra a continuación:

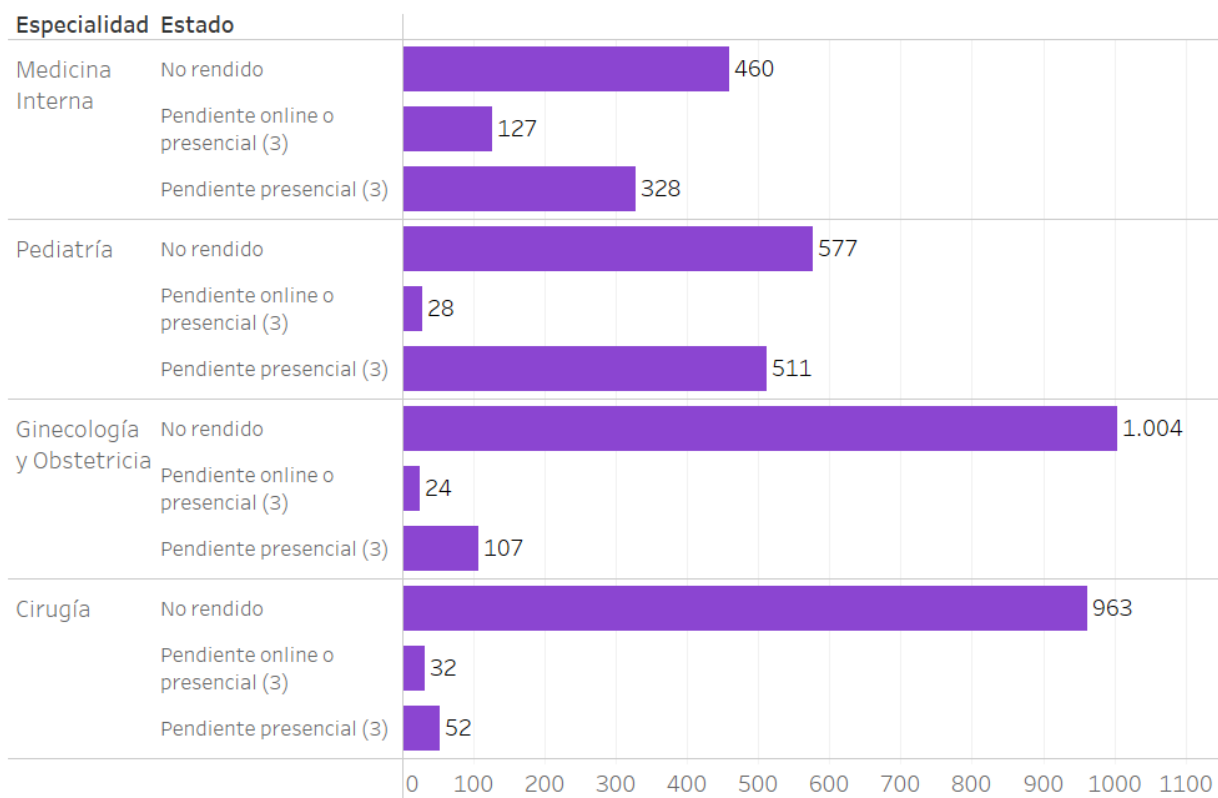


Figura 18: Cantidad de revalidantes pendientes por especialidad y según el estado que presentan en cada especialidad.

Fuente: Elaboración Propia.

## **CAPITULO 4: PROPUESTA DE DISEÑO DE PROCESOS**

---

### **4.1. Direcciones de Cambio**

La propuesta de rediseño planteada más adelante pretende en primer lugar disminuir los errores humanos en la creación de grupos y de pruebas, además permitiendo un mejor uso del personal encargado de estas tareas que actualmente corresponden a 2 personas altamente calificadas y que conocen muy bien el proceso completo, por lo que su tiempo es extremadamente valioso para la Unidad de Reválida. Por otro lado, busca maximizar la utilización de la disponibilidad, utilizando criterios y reglas definidos tanto por la Unidad de Reválida como por ASOFAMECH.

Para la implementación de ambos rediseños, es necesario analizar cómo debe cambiar la organización. Para ello se han desarrollado las siguientes direcciones de cambio, que se abordan con el proyecto mencionado:

#### ***4.1.1. Mantención Consolidad de Estados***

Corresponde a cómo se proveen los datos necesarios para ejecutar las prácticas de trabajo relacionadas con el proyecto a abordarse, lo que hace importante que las áreas tengan conocimiento de cómo el resto utiliza los datos y en qué formato les permite un mejor uso.

Tabla 4: Variable de Diseño de dirección de cambio: *Mantenimiento Consolidada de Estados.*

Fuente: *Elaboración Propia*

<b>Mantenimiento Consolidad de Estados</b>		
<b>Variable de Diseño</b>	<b>AS IS</b>	<b>TO BE</b>
Datos Propios	Si	El sistema de apoyo tecnológico utiliza y genera datos de distintas fuentes de la Unidad de Reválida
Integración de los datos de los diferentes sistemas institucionales	Solo se importan datos de distintas fuentes	Al utilizar los datos se levantan errores sobre incongruencias entre las bases de datos para ser corregidos
Integración con datos de sistemas de otras instituciones	No	No

#### **4.1.2. Prácticas de Trabajo**

En este punto se detallan las opciones de trabajo dentro de un rango de posibilidades, las que deben permitir ejecutar las tareas del proceso con tal de cumplir con el resto de las tareas cumpliendo con estos rangos. En este caso la realización de dos modelos que automatizan dos actividades diferentes genera cambios en cómo se realizan ciertas tareas a modo de apoyo.

Tabla 5: Variable de Diseño de dirección de cambio: Prácticas de Trabajo.

Fuente: Elaboración Propia

<b>Prácticas de Trabajo</b>		
<b>Variable de Diseño</b>	<b>AS IS</b>	<b>TO BE</b>
Lógica de apoyo a actividades tacitas	Modelos de asignación de Estaciones, Pacientes Simulados, Evaluadores, Coordinadores y Validadores	Se mantienen los mencionados y se agregan los modelos de Calendarización de Actividades Semestrales y de Recalendarización de Actividades
Procedimientos de comunicación e integración	Se mantiene	Se mantiene
Lógica y procedimientos de medición de desempeño y control	Se mantiene	Se mantiene

#### **4.1.3. Integración de Procesos Conexos**

Define el grado de interacción entre procesos dentro de un macroproceso o entre distintos macroprocesos. Para este proyecto se presentan interacciones entre procesos del mismo macroproceso.

Tabla 6: Variable de Diseño de dirección de cambio: Integración de Procesos Conexos.

Fuente: Elaboración Propia

<b>Integración de Procesos Conexos</b>		
<b>Variable de Diseño</b>	<b>AS IS</b>	<b>TO BE</b>
Proceso aislado	No	El apoyo tecnológico para la Calendarización de Actividades Semestrales no genera nuevas interacciones dentro del proceso
Todos o la mayor parte de los procesos de un macroproceso	No	Se genera un apoyo tecnológico que mejora las asignaciones siguiendo ciertas reglas, integrando la creación de pruebas y la asignación de revalidantes a ellas
Dos o más macros que interactúan	No	No

#### **4.1.4. Coordinación**

La coordinación entre los grupos de trabajo que crean las pruebas a mano y quienes asignan a los revalidantes se ve involucrada ya que con la utilización del modelo de Recalendarización de Actividades se realizan ambas tareas, mejorando las asignaciones de revalidantes que, por ejemplo, incumplían ciertas normas de un número máximo de asignaciones semanales, el mismo día, etc. También establecen reglas de uso y llenado de datos para el correcto funcionamiento de ambos modelos, por lo que tiene que haber un trabajo colaborativo entre las distintas áreas que generan cambios en las bases de datos.

Tabla 7: Variable de Diseño de dirección de cambio: Coordinación.

Fuente: Elaboración Propia

<b>Coordinación</b>		
<b>Variable de Diseño</b>	<b>AS IS</b>	<b>TO BE</b>
Reglas	Reglas informales	Reglas formales de llenado de datos para el apoyo computacional
Jerarquía	Se mantiene	Se mantiene
Colaboración	Informal	Mediante las reglas definidas para generar un trabajo más colaborativo en cuanto al llenado de la base de datos
Participación	Mucha participación manual en el llenado de la base de datos y distintas asignaciones	Se generan pruebas, calendarios y asignaciones de revalidantes utilizando las columnas de la base de datos para que la intervención de los integrantes disminuya

## 4.2. Diseño Detallado de Procesos TO BE (BPMN)

### 4.2.1. Rediseño del Proceso Operativo de Reválida (Calendarización de Actividades semestrales)

Para esta parte del proyecto, se busca generar mediante un modelo la planificación final del semestre, donde se incluyen la cantidad de grupos, cantidad de revalidantes por grupo, y las fechas en que éstos deben rendir cada una de las especialidades. Este calendario tiene que ser óptimo al cumplir con las reglas establecidas por ASOFAMECH y la misma Unidad de Reválida para la creación de pruebas y asignación de revalidantes a ellas, además de maximizar la cantidad de revalidantes que pertenecerán al semestre en que se trabaja.

En cuanto a cómo este modelo se inserta en el Macroproceso Operativo, lo que genera es que una tarea que se realiza a mano por dos personas que se ha dicho son los que más conocimiento tienen del proceso, sea realizada rápidamente y de manera confiable por un modelo, el cual sólo



utiliza como input la disponibilidad que tendrán los distintos centros de simulación durante el semestre y entrega el calendario completo, como se observa a continuación (se muestra sólo la etapa implicada en los cambios que genera el proyecto):

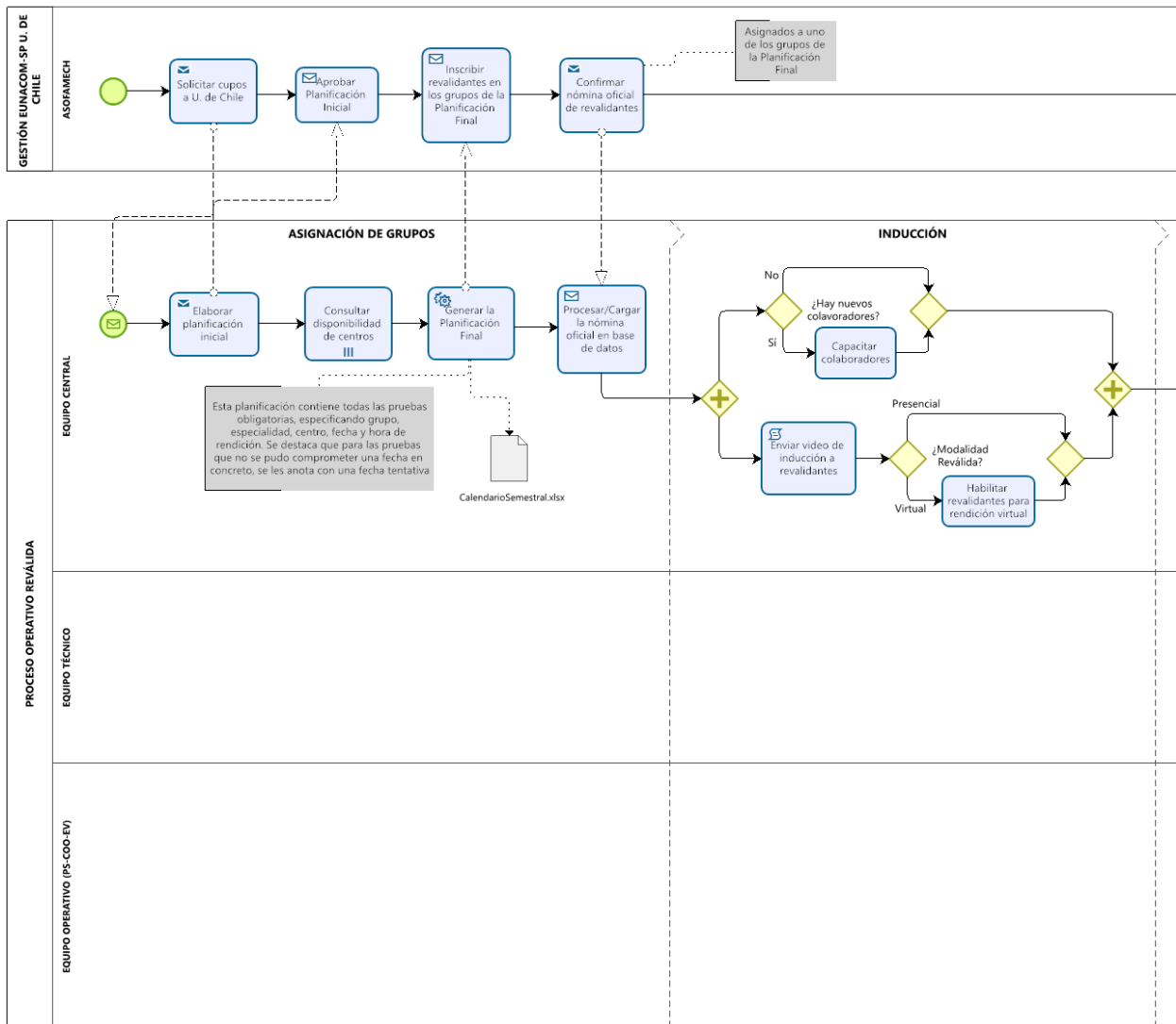


Figura 19: Diagrama de Rediseño de la Etapa de Asignación de Grupos del Macroproceso Operativo de la Unidad de Reválida.

Fuente: Elaboración Propia

En cuanto a quién desarrollará esta nueva tarea, se propone que sea una de las dos personas que realizaban previamente la tarea de forma manual.

#### 4.2.2. Rediseño del Subproceso de Elección y Construcción de Pruebas periodo 2020/2021 (Recalendarización de Actividades)

En cuanto al Rediseño de la recalendarización de actividades, se propone que se cree un subproceso de construcción manual de pruebas y de asignación de revalidantes tanto a estas pruebas como a pruebas ya creadas que necesiten ser llenadas por algún evento que ocurra. Esto se hace necesario a partir de posibles cambios en la disponibilidad o urgencias que pudieran presentarse. Posterior a esto es necesario consolidar la información que necesaria para la asignación, como los estados de los revalidantes, la disponibilidad de los centros, las pruebas que ya están asignadas en esas pruebas, que serán en el futuro, y los revalidantes que están asignados en esas pruebas. A continuación, se propone que se ocupe el modelo propuesto para la generación de las pruebas y la asignación de los revalidantes, para luego se ejecute la notificación a los revalidantes de cuándo deben rendir.

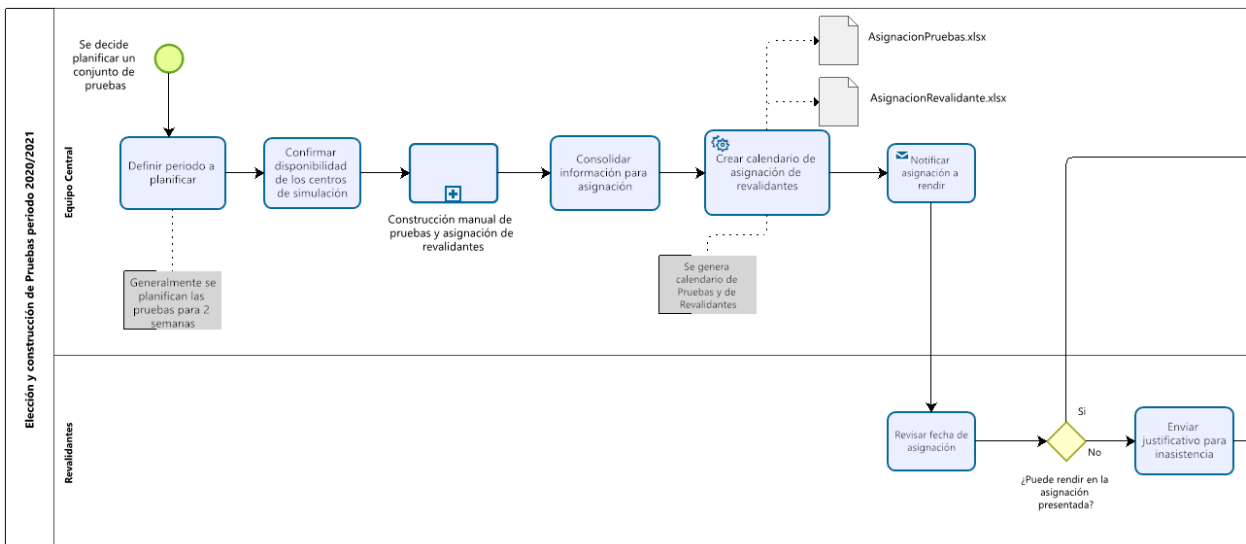


Figura 20: Diagrama de Rediseño del proceso de Elección y construcción de Pruebas para el periodo 2020/2021.

Fuente: Elaboración Propia

Es importante aclarar que, con el uso de este apoyo tecnológico, los revalidantes ya no escogen cuando rendir las pruebas, sino que son asignados por este, y para no rendir en la fecha estipulada deben presentar un justificativo válido, de lo contrario quedarán como reprobados.

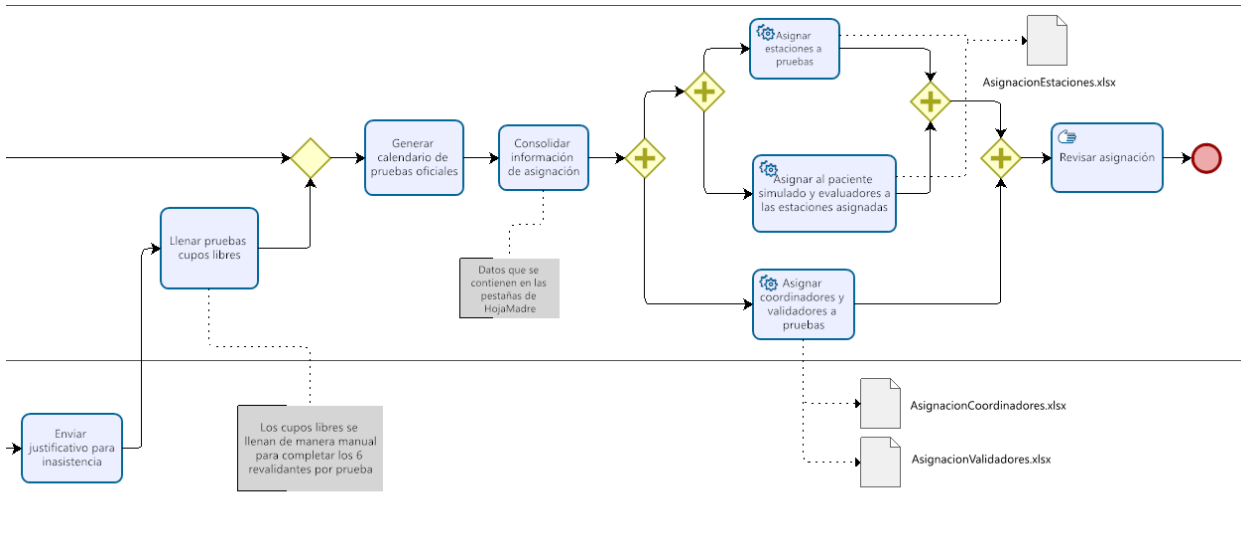


Figura 21: Diagrama de Rediseño del proceso de Elección y construcción de Pruebas para el periodo 2020/2021.

Fuente: Elaboración Propia

### 4.3. Diseño de Lógica de Negocios

Para la resolución de ambos problemas, se utilizan lógicas centradas en la calendarización de actividades como Timetabling, en técnicas como un Maxflow y un Programación Lineal en Entero Mixta (MILP) en el primer modelo, y un Problema de Programación Lineal para el segundo. El modelamiento de estos problemas como Timetabling tiene la particularidad que los exámenes no deben ser rendidos por la totalidad de los estudiantes (revalidantes en este caso) a la vez, pero sí dentro del periodo definido (el semestre), ya que se cambian los casos evaluados cuando se rinden en distintos momentos de tiempo.

#### 4.3.1. Modelo de Calendarización de Actividades Semestrales

Para la creación del calendario semestral se han definido la siguiente reglamentación, por la Unidad de Reválida y en conjunto con ASOFAMECH se han generado las siguientes reglas:

#### **Reglas de la Unidad de Reválida para la calendarización semestral:**

1. Los revalidantes pueden ser asignados a un solo grupo, el cual se define por la fecha en que esta agrupación de revalidantes inicia el proceso y la configuración de espaciamiento entre las 4 pruebas que debe rendir.
2. Los revalidantes deben rendir 4 especialidades de manera obligatoria.

3. Cada revalidante puede rendir como máximo una especialidad a la semana.
4. Cada revalidante debe rendir pruebas consecutivas con un espaciamiento de mínimo 1 semana y máximo 4 semanas.

Para la resolución de este problema se generaron dos modelos de optimización, el primero genera los grupos, con la cantidad de revalidantes que pertenecen a cada uno, y las semanas en que rendirán, de tal manera que se maximice la cantidad de revalidantes del semestre. Para ello se utiliza un modelo de flujo máximo, utilizando la red de flujo descrita en la Figura 22, que como se observa, posee una cantidad finita de nodos, y por lo tanto una cantidad finita de arcos, por lo que se ha decidido enumerar los arcos para su modelamiento, como se detalla a continuación:

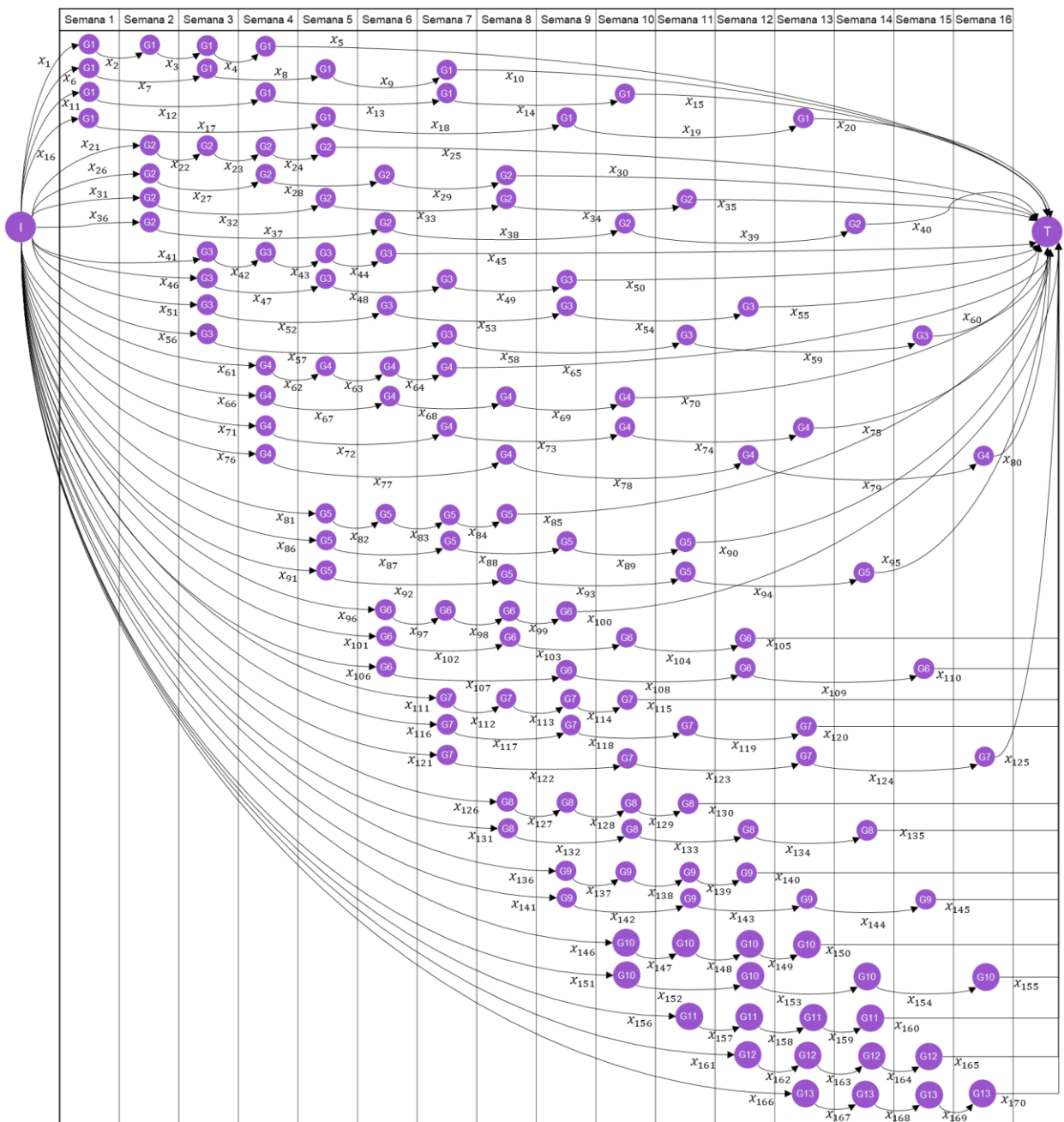


Figura 22: Grafo de la red del flujo a maximizar.

Fuente: Elaboración Propia.

### 4.3.1.1. Modelo de Calendarización para la Maximización de Grupos

#### Conjuntos:

I: Conjunto de los arcos modelados = {1, ..., 170}

**J:** Conjunto de las semanas disponibles = {1, ..., 16}

**Variables:**

$x_i$  = Cantidad de Revalidantes asignados al arco  $i \in I$

$u_i$  = Variable auxiliar  $i \in I$

$c_j$  = Capacidad de la semana  $j \in J$

**Función objetivo:** Maximizar la cantidad de revalidantes que pasan por el proceso:

$$\max \sum_{k=0}^{33} x_{1+5*k}$$

1. Conservación de Flujo:

$$x_i = x_{i+1}, \forall i \in I' = I - \{5k: k = 1, \dots, 33\}$$

2. Número de revalidantes asignados en cada sector son múltiplos de 6:

$$x_i = 6 * u_i, \forall i \in [1, 170]$$

3. El flujo de revalidantes en cada semana no puede superar a la capacidad de los centros en esa semana:

$$x_1 + x_6 + x_{11} + x_{16} \leq c_1$$

$$x_2 + x_{21} + x_{26} + x_{31} + x_{36} \leq c_2$$

$$x_3 + x_7 + x_{22} + x_{41} + x_{46} + x_{51} + x_{56} \leq c_3$$

$$x_4 + x_{12} + x_{23} + x_{27} + x_{42} + x_{61} + x_{66} + x_{71} + x_{76} \leq c_4$$

$$x_8 + x_{17} + x_{24} + x_{32} + x_{43} + x_{47} + x_{62} + x_{81} + x_{86} + x_{91} \leq c_5$$

$$x_{28} + x_{37} + x_{44} + x_{52} + x_{63} + x_{67} + x_{82} + x_{96} + x_{101} + x_{106} \leq c_6$$

$$x_9 + x_{13} + x_{48} + x_{57} + x_{64} + x_{72} + x_{83} + x_{87} + x_{97} + x_{111} + x_{116} + x_{121} \leq c_7$$

$$x_{29} + x_{33} + x_{68} + x_{77} + x_{84} + x_{92} + x_{98} + x_{102} + x_{112} + x_{126} + x_{131} \leq c_8$$

$$\begin{aligned}
x_{18} + x_{49} + x_{53} + x_{88} + x_{99} + x_{107} + x_{113} + x_{117} + x_{127} + x_{136} + x_{141} &\leq c_9 \\
x_{14} + x_{38} + x_{69} + x_{73} + x_{103} + x_{114} + x_{122} + x_{128} + x_{132} + x_{137} + x_{146} + x_{151} &\leq c_{10} \\
x_{34} + x_{58} + x_{89} + x_{93} + x_{118} + x_{129} + x_{138} + x_{142} + x_{147} + x_{156} &\leq c_{11} \\
x_{54} + x_{78} + x_{104} + x_{108} + x_{133} + x_{139} + x_{148} + x_{152} + x_{157} + x_{161} &\leq c_{12} \\
x_{19} + x_{74} + x_{119} + x_{123} + x_{143} + x_{149} + x_{158} + x_{162} + x_{166} &\leq c_{13} \\
x_{39} + x_{94} + x_{134} + x_{153} + x_{159} + x_{163} + x_{167} &\leq c_{14} \\
x_{59} + x_{109} + x_{144} + x_{164} + x_{168} &\leq c_{15} \\
x_{79} + x_{124} + x_{154} + x_{169} &\leq c_{16}
\end{aligned}$$

#### 4.3.1.2. *Modelo para la Asignación Semanal*

El segundo modelo intenta resolver el problema con mayor granularidad, al asignar los revalidantes de los grupos que fueron asignados, en cada semana a cada día, bloque horario, centro y sector del centro, utilizando el resultado del modelo anterior, y el problema detalla a continuación:

##### **Conjuntos:**

**B:** Conjunto de los bloques disponibles en un día = (1,2,3,4,5).

**C:** Conjunto de todos los centros disponibles para la asignación.

**D:** Conjunto de los días en una semana disponibles para la asignación = (Lunes, Martes, Miércoles, Jueves, Viernes, Sábado).

**E:** Conjunto de todas las especialidades a evaluar =(Medicina Interna, Pediatría, Ginecología/Obstetricia, Cirugía).

**G:** Conjunto de grupos generados en la optimización anterior =(1, ...,n)

**S:** Conjunto de semanas disponibles para la asignación = (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16).

**SE:** Conjunto de sectores que cada centro tiene disponible.

### **Variables:**

$$B_{s,d,b,c,se,e} = \begin{cases} 1, & \text{Si la especialidad } e \text{ es asignada al sector } se \text{ bloque } b \\ & \text{del día } d \text{ de la semana } s \text{ en el centro } c \\ 0, & \text{Si no} \end{cases}$$

$$C_{s,d,b,e} = \begin{cases} 1, & \text{Si la especialidad } e \text{ es asignada bloque } b \\ & \text{del día } d \text{ de la semana } s \\ 0, & \text{Si no} \end{cases}$$

$$G_{s,d,b,c,se,e,g} = \text{N}^\circ \text{ de revalidantes del grupo } g \text{ asignados a la especialidad } e \text{ el bloque } b \\ \text{en el día } d \text{ de la semana } s, \text{ en sector } se \text{ del centro } c$$

$$\text{Contador}_{s,d,e} = \text{Cuenta la cantidad de bloques asignados} \\ \text{a la especialidad } e \text{ el día } d \text{ de la semana } s$$

$$\text{Promedio}_{s,d} = \text{Promedio de los contadores, suma por especialidad dividido por 4}$$

$$\text{Diferencia positiva}_{s,d,e} \geq \text{Contador}_{s,d,e} - \text{Promedio}_{s,d}, \forall e \in E, s \in S, d \in D$$

$$\text{Diferencia negativa}_{s,d,e} \geq \text{Promedio}_{s,d} - \text{Contador}_{s,d,e}, \forall e \in E, s \in S, d \in D$$

$$\text{Distancia}_{s,d,e} = \text{Diferencia positiva}_{s,d,e} + \text{Diferencia negativa}_{s,d,e}, \forall e \in E, s \in S, d \in D$$

### **Parámetros:**

$$t_{g,s} = \begin{cases} 1, & \text{Si el grupo } g \text{ debe rendir en semana } s \\ 0, & \text{Si no} \end{cases}$$

$$\text{CapSector}_{c,se,s,b,d,f} = \text{N}^\circ \text{ de revalidantes que pueden ser asignados al sector } se, \\ \text{del centro } c, \text{ en el bloque } b, \text{ el día } d \text{ de la semana } s$$

$$\text{CantGrupo}_g = \text{N}^\circ \text{ de revalidantes correspondientes al grupo } g$$



**Función Objetivo:** Minimizar la disparidad en la asignación de especialidades a los bloques horarios de cada día.

$$\text{Min} \left( \sum_{s,d,e} \text{Distancia}_{s,d,e} \right)$$

**Restricciones:**

1. Asigna máximo una especialidad por bloque:

$$\sum_e B_{s,d,b,c,se,e} \leq 1, \forall s \in S, d \in D, b \in B, c \in C, se \in SE$$

2. Todos los revalidantes rinden todas las especialidades:

$$\sum_{s,d,b,c} G_{s,d,b,c,se,e,g} = \text{CantGrupo}_g; \forall e \in E, g \in G$$

3. La totalidad del grupo g es asignado en la semana s:

$$\sum_{e,d,f,b,c} G_{s,d,b,c,se,e,g} = \text{CantGrupo}_g * t_{g,s}; \forall s \in S, g \in G$$

4. La diferencia positiva, diferencia negativa, el contador y la distancia mayores que cero:

$$\text{Contador}_{s,d,e} \geq 0, \forall e \in E, s \in S, d \in D$$

$$\text{Diferencia positiva}_{s,d,e} \geq 0, \forall e, s, d$$

$$\text{Diferencia negativa}_{s,d,e} \geq 0, \forall e, s, d$$

$$\text{Distancia}_{s,d,e} \geq 0, \forall e, s, d$$

5. Definición del contador, cuenta la cantidad de bloques asignados a la especialidad  $e$  el día  $d$  de la semana  $s$ :

$$Contador_{s,d,e} = \sum_{b,c} B_{s,d,b,c,se,e}, \forall s,d,e$$

6. Definición del promedio, promedio de los contadores:

$$Promedio_{s,d} = \sum_e \frac{Contador_{s,d,e}}{4}, \forall s \in S, d \in D$$

7. Definición de la diferencia positiva y negativa:

$$Diferencia\ positiva_{s,d,e} \geq Contador_{s,d,e} - Promedio_{s,d}, \forall e,s$$

$$Diferencia\ negativa_{s,d,e} \geq Promedio_{s,d} - Contador_{s,d,e}, \forall e,s$$

8. Definición de distancia:

$$Distancia_{s,d,e} = Diferencia\ positiva_{s,d,e} + Diferencia\ negativa_{s,d,e}, \forall e \in E, s \in S, d \in D$$

9. Cantidad de revalidantes asignados no puede superar la capacidad del sector:

$$\sum_g G_{s,d,b,c,se,e,g} \leq B_{s,d,b,c,se,e} * CapSector_{c,se,s,b,d}, \forall e \in E, s \in S, d \in D, b \in B, c \in C, se \in Se$$

10. Sólo se puede asignar una especialidad a cada bloque horario:

$$\sum_e C_{s,d,b,e} \leq 1, \forall s \in S, d \in D, b \in B$$

11. Sólo se puede asignar la misma especialidad a los distintos centros y sectores en un mismo bloque horario:

$$B_{s,d,b,c,e} \leq C_{s,d,b,e}, \forall s \in S, d \in D, b \in B, se \in Se, e \in E$$

Para la correcta utilización de este modelo se ha determinado que como input utilizará una tabla con las columnas de: Bloque, Día, Semana, Centro, Sector, Capacidad del Centro. Un ejemplo se muestra a continuación:

Tabla 8: Ejemplo de input de datos utilizados para el modelo de Calendarización de Actividades Semestrales.

Fuente: Elaboración Propia.

Bloque	Día	Semana	Centro	Sector	Capacidad
1	Sabado		1 CHC		18
2	Sabado		1 CHC		18
3	Sabado		1 CHC		18
1	Sabado		1 CHC	2	18
2	Sabado		1 CHC	2	18
3	Sabado		1 CHC	2	18
1	Sabado		1 SP		18
2	Sabado		1 SP		18
3	Sabado		1 SP		18
1	Sabado		1 Sala 8		18
2	Sabado		1 Sala 8		18
3	Sabado		1 Sala 8		18
1	Martes	2	2 SP		18
2	Martes	2	2 SP		18
3	Martes	2	2 SP		18
1	Miercoles	2	2 SP		18
2	Miercoles	2	2 SP		18
2	Miercoles	2	2 CHC		18
2	Miercoles	2	2 CHC	2	18
3	Miercoles	2	2 CHC		18
3	Miercoles	2	2 CHC	2	18
2	Jueves	2	2 SP		18
3	Jueves	2	2 SP		18
1	Viernes	2	2 Sala 8		18
1	Sabado	2	2 SP		18
2	Sabado	2	2 SP		18
3	Sabado	2	2 SP		18
1	Sabado	2	2 Sala 8		18
2	Sabado	2	2 Sala 8		18
3	Sabado	2	2 Sala 8		18
1	Sabado	2	2 CHC		18
2	Sabado	2	2 CHC		18
3	Sabado	2	2 CHC		18
1	Sabado	2	2 CHC	2	18
2	Sabado	2	2 CHC	2	18
3	Sabado	2	2 CHC	2	18
1	Martes	3	3 SP		18

#### *4.3.2. Modelo de Asignación de Revalidantes y Pruebas*

##### **Reglas de la Unidad de Reválida para la Asignación de Revalidantes y Pruebas:**

La Unidad de Reválida de la Universidad de Chile, siguiendo la normativa y acuerdos con ASOFAMECH, ha definido las siguientes reglas para la asignación de revalidantes:

1. Los revalidantes del proceso 2019 y primer semestre del 2020 no pueden ser asignados de manera online a menos que expresen directamente su disponibilidad a este modo. Por lo tanto, sólo pueden ser asignados de manera presencial.
2. Los revalidantes del proceso del segundo semestre del 2020 pueden ser asignados de manera tanto presencial como online.
3. Para esta asignación, cada revalidante pasa 2 veces por especialidad, ya que cada vez rinde 3 de las 6 estaciones.
4. Para que cada revalidante sea asignado a su segunda mitad de una especialidad, es necesario esperar el resultado de la primera evaluación ya que, dependiendo de este, puede ser que el revalidante pueda ser evaluado solamente de manera presencial (de no obtener cierto puntaje mínimo, con lo que su estado pasa a ser Pendiente presencial (3)).
5. Los revalidantes pueden ser asignados de manera tanto presencial como online a la especialidad que elijan repetir.
6. Existen exclusiones, las que impiden a un revalidante ser asignado de manera presencial (por ejemplo, si se encuentra en otra región, por temas de salud, o motivos de fuerza mayor) por lo que sólo puede ser asignado de manera online, sin importar el periodo al que pertenezca el revalidante, cambiando su regla de asignación; o que no se pueda asignar de manera online (por ejemplo, por temas de sospecha de fraude, sin condiciones para rendir o no tiene intención de rendir online).

7. Los estados y las exclusiones permiten determinar el Tipo de la asignación, el que puede ser Online o Presencial, en donde los centros tienen habilitado cierto tipo de asignación, por ejemplo, existen centros sólo online, sólo presencial, y uno mixto, lo que permite filtrar a qué centro puede ser asignado cada revalidante, en cada una de sus especialidades, generando la siguiente regla R:

- $R(r, e, t, f, b, c, se)$ : Regla de si la especialidad  $e$  rendida por el revalidante  $r$  es compatible con la tupla  $(t, f, b, c, se)$ .

### Conjuntos:

- **Rev**: Conjunto de todos los revalidantes que tienen estados en la HojaMadre y que no han finalizado su proceso.
- **E**: Conjunto de todas las especialidades disponibles =  $\{Medicina Interna, Pediatría, Ginecología/Obstetricia, Cirugía\}$ .
- **C**: Conjunto de todos los centros disponibles para la asignación.
- **B**: Conjunto de los bloques disponibles en un día =  $\{1, 2, 3, 4, 5\}$ .
- **T**: Conjunto de tipos de asignación =  $\{Online, Presencial\}$ .
- **SE**: Conjunto de sectores que cada centro tiene disponible.
- **Semanas**: Conjunto de conjuntos de fechas agrupadas por semana.

Es importante comentar que existen valores de los conjuntos que sólo pueden darse dependiendo de un valor de otro de los conjuntos, por ejemplo, cada centro tiene distinto número de bloques disponibles, y esta disponibilidad cambia día a día; también, la cantidad de sectores depende del centro. Para trabajar con esta dependencia es que se han generado los siguientes conjuntos:

- $Disp$ : Conjunto de todas las tuplas  $f, b, c, se$  factibles.
- $Disponibilidad_{r,e}$  = Conjunto de todas las tuplas  $f, b, c, se$  que satisfacen las reglas de la Unidad de Reválida descritas anteriormente.

Por último, se ha definido un conjunto de todas las asignaciones posibles para cada revalidante  $r$  en las especialidades  $e$  que debe rendir, cumpliendo las reglas descritas anteriormente:

- $D_{r,e} = \{(t, f, b, c, se) : (f, b, c, se) \in Disp, R(r, e, t, f, b, c, se) \text{ se cumple}\}$

En adelante, se asumirá que los  $r, e, t, f, b, c, se$  utilizados para describir las sumatorias, o cuando se utiliza para describir para quienes se aplica la restricción o función, son aquellos que cumplen con  $D_{r,e}$ . Además, se utilizarán bajo una sola sumatoria, en vez de utilizar varias de éstas cuando se suma en varios conjuntos.

### **Variables (binarias):**

- $x_{f,b,c,se,e} = \begin{cases} 1, & \text{Si se asigna } f, b, c, se \in Disp \text{ para la especialidad } e \\ 0, & \text{Si no} \end{cases}$
- $y_{r,e,t,f,b,c,se} = \begin{cases} 1, & \text{Si al revalidante } r \text{ en la especialidad } e \text{ se} \\ & \text{le asigna } (t, f, b, c, se) \in D_{r,e} \\ 0, & \text{Si no} \end{cases}$
- $z_{f,b,c,e} = \begin{cases} 1, & \text{Si al el bloque } b \text{ del sector } se \text{ del centro } c \text{ en la fecha } f \\ & \text{se le asigna especialidad } e \\ 0, & \text{Si no} \end{cases}$

### **Parámetros (binarios):**

- $q_{r,e} = \begin{cases} 1, & \text{Si el revalidante } r \text{ rinde la especialidad } e \\ 0, & \text{Si no} \end{cases}$
- $a_{r,e} = \begin{cases} 1, & \text{Si el revalidante } r \text{ puede rendir especialidad } e \text{ de manera presencial} \\ 0, & \text{Si no} \end{cases}$
- $l_{r,e} = \begin{cases} 1, & \text{Si el revalidante } r \text{ puede rendir especialidad } e \text{ de manera online} \\ 0, & \text{Si no} \end{cases}$

- $g_{r,e,t,f,b,c,se} = \begin{cases} 1, & \text{Si el revalidante } r \text{ está } \mathbf{previamente} \text{ asignado} \\ & \text{a la especialidad } e, \text{ en el bloque } b, \text{ en la fecha } f, \\ & \text{en el sector } se \text{ del centro } c \\ 0, & \text{Si no} \end{cases}$
- $h_{r,e,t,f,b,c,se} = \begin{cases} 1, & \text{Si la especialidad } e \text{ está } \mathbf{previamente} \text{ asignada al bloque } b, \\ & \text{en la fecha } f, \text{ en el sector } se \text{ del centro } c \\ 0, & \text{Si no} \end{cases}$

### **Parámetros (No binarios):**

- $f1_{r,e}$ : fecha de inicio, previamente asignada, en que el revalidante  $r$  **debe** rendir la especialidad  $e$ .
- $f2_{r,e}$ : fecha final, previamente asignada, en que el revalidante  $r$  **debe** rendir la especialidad  $e$ .
- $p1_{r,f}$ : 1 para todo revalidante en cada fecha, excepto a que esté previamente asignado a un número mayor, donde toma ese número.
- $p2_{r,s}$ : 2 para todo revalidante en semana, excepto a que esté previamente asignado a un número mayor, donde toma ese número.
- $p3_{f,b,c}$ : 0 para toda fecha excepto a que en HojaMadre haya asignación de más de una especialidad paralela a un centro, donde toma ese valor.
- $p4_{f,b}$ : 5 pruebas paralelas para todo bloque y fecha, excepto a que en HojaMadre haya una asignación mayor donde toma ese valor.

### **Funciones objetivo:**

Se han definido dos funciones objetivas evaluadas de forma jerárquica, la primera busca asignar a la mayor cantidad de revalidantes a sus especialidades pendientes, considerando las fechas pactadas con ellos, priorizando a los revalidantes que tienen menor cantidad de etapas

pendientes. La segunda busca que el resultado anterior sea posible en la menor cantidad de pruebas posibles:

$$1. \min \sum_{r,e} \left( \left( \sum_{t,f,b,c,se} y_{r,e,t,f,b,c,se} * \alpha_{r,e,f}^2 + (1 - \sum_{t,f,b,c,se} y_{r,e,t,f,b,c,se}) * M \right) * \frac{B_r}{rezago_r} \right)$$

$$2. \min \sum_{f,b,c,se,e} x_{f,b,c,se,e}$$

**Restricciones:**

1. No más de **una** especialidad por fecha/bloque/centro/sector:

$$\sum_{e \in E} x_{f,b,c,se,e} \leq 1, \quad \forall f, b, c, se$$

2. No más de **p1<sub>r,f</sub>** asignaciones por revalidante en cada fecha:

$$\sum_{e,t,b,c,se} y_{r,e,t,f,b,c,se} \leq p1_{r,f}, \quad \forall r, f$$

3. No más de **p2<sub>r,s</sub>** asignaciones por revalidante en cada semana:

$$\sum_{e,t,b,c,se} \sum_{f \in \text{Semanas}[s]} y_{r,e,t,f,b,c,se} \leq p2_{r,s}, \quad \forall r, s \in \{0, \dots, (n^\circ \text{ de semanas} - 1)\}$$

4. Respetar capacidad **máxima** y **mínima** de cada centro, si es usado:

$$4 * x_{f,b,c,se,e} \leq \sum_{r,t} y_{r,e,t,f,b,c,se} \leq 6 * x_{f,b,c,se,e}, \quad \forall e, f, b, c, se$$



5. Centro Colmed no puede albergar más de **cuatro** asignaciones **presenciales** simultáneamente:

$$\sum_r y_{r,e,Presencial,f,b,Colmed,se} * a_{r,e} \leq 4 * x_{f,b,Colmed,se,e}, \quad \forall e, f, b, se$$

6. Revalidante no puede ser asignado más de  $q_{r,e}$  veces a una especialidad pendiente:

$$\sum_{t,f,b,c} y_{r,e,t,f,b,c,se} \leq q_{r,e}, \quad \forall r, e$$

7. Fijar asignaciones previamente realizadas:

$$y_{r,e,t,f,b,c,se} \geq g_{r,e,t,f,b,c,se}, \quad \forall r, e, t, f, b, c, se$$

$$x_{f,b,c,se,e} \geq h_{f,b,c,se,e}, \quad \forall f, b, c, se, e$$

8. No más de **una** especialidad por fecha/bloque/centro:

$$\sum_e z_{f,b,c,e} \leq 1, \quad \forall f, b, c$$

9. Solo se puede asignar **la misma** especialidad a los distintos sectores del mismo centro, excepto si hay  $p3_{f,b,c} > 1$  asignaciones previas :

$$x_{f,b,c,se,e} \leq z_{f,b,c,e} + p3_{f,b,c}, \quad \forall f, b, c, se, e$$

10. Sólo pueden asignarse un máximo de  $p4_{f,b}$  pruebas simultaneas:

$$\sum_{c,se,e} x_{f,b,c,se,e} \leq p4_{f,b}, \quad \forall f, b$$

Para la correcta utilización de este modelo se ha determinado que como input utilizarán 4 tablas de la base de datos Hoja Madre, y 1 de Resultados Individuales 2021, ambas propias de la Unidad de Reválida:

1. Hoja Madre – Revalidante: A partir del id del Revalidante se determinan las exclusiones de rendir presencial, online, o de rendir cualquier tipo de prueba.

Tabla 9: Pestaña Revalidante de la Hoja Madre de la Unidad de Reválida.

Fuente: Hoja Madre.xlsx.

idRevalidante	NombreConsolidado	Correo	Nombres	Apellido F	Apellido M	RUTPAS	Teléfono	Grup	UC	Etapas a ret	M	F	C	Etap	Repeticior	Mont	Habilitaci	Exclusi	Esta
3655	Jose Manuel Rojas Carrasquel	jr.osemanuelrojas@gmail.com	Jose Manuel	Rojas	Carrasquel	253683376	961022299	UChile	1	Todas	1	1	1	4			06-10-2020	10	En proceso
3656	Miael Alejandra Cardona Montes	miacalmon@gmail.com	Miael Alejandra	Cardona	Montes	116429640	963283956	UChile	1	Todas	1	1	1	4			04-08-2020	10	En proceso
3657	Maria José Duran Arcoha	m.j.duran@hotmail.com	Maria José	Duran	Arcoha	295140398	918995070	UChile	1	Todas	1	1	1	4			10-08-2020	10	En proceso
3659	Maria Teresa Flores Delgado	mfloradelf@gmail.com	Maria Teresa	Flores	Delgado	251962324	977998345	UChile	1	Todas				1			17-11-2020	10	En proceso
3663	Maylin Lorena Vergara Reyes	lra.may.vergara@gmail.com	Maylin Lorena	Vergara	Reyes	156858498	931909181	UChile	1	Todas	1	1	1	4			28-09-2020	10	En proceso
3665	Maria Fernanda Briccio Delgado	mabriccio@gmail.com	Maria Fernanda	Briccio	Delgado	25222097	963594511	UChile	1	Todas				1			09-06-2020	10	En proceso
3696	Dayana Patricia Santamaría Ariza	daypat@gmail.com	Dayana Patricia	Santamaría	Ariza	255945412	971377347	UChile	1	Todas	1	1	1	4					En proceso
3704	Camila Francisca Altamirano Rivera	camfriviera@gmail.com	Camila Francisca	Altamirano	Rivera	RUT 16765805-9	967187861	Anterior	Todas	1	1	1	1	4		\$420.000	04-08-2020	10	En proceso
3718	Nelson Enrique Lam Cardenas	nelsonenr4@gmail.com	Nelson Enrique	Lam	Cardenas	RUT 26355108-7	966354091	Anterior	Todas	1	1	1	1	4		\$420.000	03-08-2020	21	En proceso
3721	Mariene Grace Anaya Dominguez	mariene73@gmail.com	Mariene Grace	Anaya	Dominguez	12662687		UChile	1	Todas	1	1	1	4			10-08-2020	10	En proceso
3722	Caroline Gisell Acosta	c.acosta.ap@gmail.com	Caroline Gisell	Acosta		257835170	969075967	UChile	1	Todas	1	1	1	4			09-08-2020	10	En proceso
3723	Eileen Violeta Maturana Anabalón	maturana_dra@gmail.com	Eileen Violeta	Maturana	Anabalón	162350269	942512987	UChile	1	Todas	1	1	1	4			23-10-2020	10	En proceso
3727	Juan Carlos Hernández Pérez	juancarlosjp@gmail.com	Juan Carlos	Hernández	Pérez			UChile	1	Todas	1	1	1	4			10-08-2020	10	En proceso
3732	Maria de los Angeles Daza Cabrera	marladazac165@gmail.com	Maria de los Angeles	Daza	Cabrera	PAS AP290647	977614578	Anterior	Todas	1	1	1	1	4		\$420.000	21-07-2020	10	Finalizado (A)
3736	Mónica Beatriz Carrasco González	monicabcg@gmail.com	Mónica Beatriz	Carrasco	González	RUT 15575962-3	966652002	Nuevo	1	Todas	1	1	1	4	Medicina Interna	\$420.000	13-08-2020	21	En repetición
3747	Alondra José Bismudez Sandrea	alondrabismudez@gmail.com	Alondra José	Bismudez	Sandrea	RUT 26741488-6	965399231	Nuevo	1	PD				1		\$200.000	08-07-2020	21	En proceso
3852	Rafael José Bruzual Pacheco	rafaelbruzual@gmail.com	Rafael José	Bruzual	Pacheco	RUT 26064947-7	971527908	Nuevo	3	OB PD				2		\$300.000	03-07-2020	10	En proceso
3894	Mervin Jose Torres Martinez	mervintorres88@gmail.com	Mervin Jose	Torres	Martinez	RUT 27104206-K	932991056	Grupo	1	Todas	1	1	1	4		\$420.000	28-07-2020	10	En proceso
3895	Mariene Coromoto Naranjo Iruasquin	marienenarajo77@hotmail.com	Mariene Coromoto	Naranjo	Iruasquin	RUT 25963173-4	949792433	Grupo	2	MD CX PD	1	1	1	3		\$300.000		32	En proceso
3899	Yaeli Cavel Pardo	yaeli_2910@gmail.com	Yaeli	Cavel	Pardo	RUT 26281823-6	967337360	Grupo	2	Todas	1	1	1	4		\$420.000	19-05-2021	10	En proceso
3901	Mariangel González Duque	mariangelgonzalezduque40@gmail.com	Mariangel	González	Duque	RUT 26482852-0	968183344	Grupo	2	Todas	1	1	1	4		\$420.000	21-04-2020	10	En proceso
3902	Jessie Daniel Uscache Vergara	juscachev@gmail.com	Jessie Daniel	Uscache	Vergara	RUT 27031861-4	940729530	Grupo	2	Todas	1	1	1	4		\$420.000	22-05-2020	10	En proceso
3908	Juan José Bertolone González	juanjosbertolone@gmail.com	Juan José	Bertolone	González	RUT 16188130-1	971330685	Grupo	2	Todas	1	1	1	4		\$420.000	07-04-2021	41	En proceso
3909	Ermanuel Jose Larreal Gonzalez	e_larreal@hotmail.com	Ermanuel Jose	Larreal	Gonzalez	RUT 26754809-9	994788795	Grupo	2	Todas	1	1	1	4	Cirugia	\$420.000	04-09-2020	10	En repetición
3911	Lixay Moledo Fernández	lixay9009@gmail.com	Lixay	Moledo	Fernández	RUT 26288785-5	974204205	Grupo	2	Todas	1	1	1	4		\$420.000	05-08-2020	10	En proceso
3914	Jessia Alberto Vivas López	jvivasvivas1@gmail.com	Jessia Alberto	Vivas	López	RUT 26704205-2	937472877	Grupo	2	Todas	1	1	1	4		\$420.000	12-06-2020	21	En proceso
3920	Eduardo Emiro Cuatrecasas Mejia	eduardoemirochile@gmail.com	Eduardo Emiro	Cuatrecasas	Mejia	RUT 26618262-1	964152310	Grupo	2	Todas	1	1	1	4		\$420.000	02-06-2020	21	En proceso
3923	Larry José Pérez Mavarez	larperez11@gmail.com	Larry José	Pérez	Mavarez	RUT 26939867-1	964692933	Grupo	2	Todas	1	1	1	4	Cirugia	\$420.000	24-07-2020	10	Finalizado
3924	Gabriela Arambá López Chirinos	gabriela_ara@hotmail.com	Gabriela Arambá	López	Chirinos	RUT 26764159-5	937472654	Grupo	2	Todas	1	1	1	4		\$420.000	30-07-2020	10	En proceso
3928	Luis Roberto Chang Fung	lchang1711@hotmail.com	Luis Roberto	Chang	Fung	RUT 26987935-6	976851614	Grupo	1	MD OB PD	1	1	1	4	Ginecología y O	\$300.000	20-11-2020	10	En repetición
3942	Maria Virginia Pineda Finol	mpv_29_1991@hotmail.com	Maria Virginia	Pineda	Finol	RUT 267895914-5	976853500	Grupo	2	Todas	1	1	1	4	Ginecología y O	\$420.000	17-04-2021	41	En repetición
3943	Rodrigo Alberto Oyarandel Machuca	rodriago_oyarandel_medicina@gmail.com	Rodrigo Alberto	Oyarandel	Machuca	RUT 196538770-1	947956298	Grupo	2	Todas	1	1	1	4		\$420.000		13	En proceso
3948	Daniela Zalles Rodriguez	dazalles@gmail.com	Daniela	Zalles	Rodriguez	RUT 24732618-2	944789598	Grupo	2	Todas	1	1	1	4		\$420.000	12-05-2020	10	En proceso
3952	José Rafael García Moreno	rgarciam182@gmail.com	José Rafael	García	Moreno	RUT 27031732-4	965089597	Grupo	2	Todas	1	1	1	4	Ginecología y O	\$420.000	22-04-2021	10	En repetición
3955	Lissette Bezarri Montecino Castillo	lmoncino17@gmail.com	Lissette Bezarri	Montecino	Castillo	RUT 17550151-1	962964924	Grupo	2	Todas	1	1	1	4		\$420.000	07-10-2020	10	En proceso
3956	Andrés David Velasquez Guerra	andresvelasquez@gmail.com	Andrés David	Velasquez	Guerra	RUT 157244245	961227580	Grupo	2	Todas	1	1	1	4	Pediatría	\$420.000	10-04-2020	21	Finalizado
3968	Jenny Massiel Adriana Hernández	jen.aidana@hotmail.com	Jenny Massiel	Adriana	Hernández	PAS 091204988	966652719	Grupo	2	Todas	1	1	1	4		\$420.000	06-07-2020	10	En proceso
3973	José Gregorio Lugo Martínez	joselugo@gmail.com	José Gregorio	Lugo	Martinez	RUT 25988866-7	967326714	Grupo	1	MD PD	1	1	1	2	Pediatría	\$300.000	05-04-2020	21	En repetición
3984	Raquel Mantoly Morales Sanhueza	raquelmoralesanhueza@gmail.com	Raquel Mantoly	Morales	Sanhueza	RUT 16530530-2	968877672	Grupo	1	MD PD	1	1	1	4	Medicina Interna	\$300.000		11	En repetición
3988	Gaetano Giorgiane Colmenares	ganc15_10@hotmail.com	Gaetano	Colmenares		RUT 26281955-2	944851564	Grupo	2	Todas	1	1	1	4		\$420.000	10-04-2020	10	En proceso
3999	Ana Alexabeth López Marvez	anaalexabeth@gmail.com	Ana Alexabeth	López	Marvez	RUT 26912769-4	962961784	Grupo	2	Todas	1	1	1	4		\$420.000	27-11-2020	10	Finalizado (A)
4001	Yukency Andriana Mora Soteldo	yukencyandriana@gmail.com	Yukency Andriana	Mora	Soteldo	RUT 26704445-9	964016098	Grupo	2	Todas	1	1	1	4		\$420.000	20-08-2020	10	En proceso
4002	Yosmar Venezuela Ramirez Garcia	yosmarv@gmail.com	Yosmar Venezuela	Ramirez	Garcia	RUT 26988075-6	963369988	Grupo	2	Todas	1	1	1	4		\$420.000	31-07-2020	21	En proceso
4009	Cristian Manuel Gajardo Flores	cristiangajardof@gmail.com	Cristian Manuel	Gajardo	Flores	RUT 15020374-0	993452292	Grupo	1	OB PD				2		\$300.000	28-07-2020	10	En proceso
4011	Wilfredo Emilio López Porras	wilfredop@gmail.com	Wilfredo Emilio	López	Porras	PAS 101388102	973878228	Grupo	2	Todas	1	1	1	4		\$420.000	21-08-2020	10	En proceso
4017	Wari Jaime Huaita Bustillos	wari_0909@hotmail.com	Wari Jaime	Huaita	Bustillos	RUT 26558684-8	965851100	Grupo	3	Todas	1	1	1	4	Ginecología y O	\$420.000	10-02-2020	10	En repetición
4020	Erick Junior Cardozo Ramos	erickjunior12@hotmail.com	Erick Junior	Cardozo	Ramos	RUT 26510643-9	963081639	Grupo	3	Todas	1	1	1	4		\$420.000		10	En repetición
4025	Sheyla Susana Hernández Colina	hernandezsheyla@gmail.com	Sheyla Susana	Hernández	Colina	RUT 270900275-5	937292632	Grupo	3	Todas	1	1	1	4		\$420.000	12-03-2020	10	En proceso
4029	Ángel Andrés Trejo Jorquera	anandrt@gmail.com	Ángel Andrés	Trejo	Jorquera	RUT 16261428-2	976833385	Grupo	3	Todas	1	1	1	4		\$420.000		10	Finalizado (A)
4031	Javiera del Pilar Fuentes Toledo	javiera.fuentesdeltoledo@gmail.com	Javiera del Pilar	Fuentes	Toledo	RUT 17758184-0	974663754	Grupo	1	PD				1		\$200.000	02-05-2020	10	En proceso
4035	Francys Maria Andrade Botello	francys52@gmail.com	Francys Maria	Andrade	Botello	RUT 26771404-5	963186045	Grupo	3	Todas	1	1	1	4		\$420.000	31-10-2020	10	En proceso
4038	Ramón Javier López Veloz	rvz205@gmail.com	Ramón Javier	López	Veloz	RUT 27089453-4	968249970	Grupo	3	Todas	1	1	1	4		\$420.000	31-10-2020	10	En proceso
4059	Rosángela María Brito Márquez	britorosangelamaria@gmail.com	Rosángela María	Brito	Márquez	RUT 26911568-1	930672425	Grupo	3	Todas	1	1	1	4	Ginecología y O	\$420.000	13-05-2020	21	En repetición

2. Hoja Madre – Prueba: Analizando esta pestaña se determinan aquellas pruebas generadas previamente para que se contabilicen en la siguiente asignación y no se creen pruebas en bloques que ya están ocupados.



Tabla 12: Pestaña DisponibilidadCentro de la Hoja Madre de la Unidad de Reválida.

Fuente: Hoja Madre.xlsx

Fecha	Bloque	Centro	Sector
29-07-2021		3 Google Meet	1
29-07-2021		3 Google Meet	2
29-07-2021		4 Google Meet	1
29-07-2021		4 Google Meet	2
29-07-2021		4 Google Meet	3
29-07-2021		4 Google Meet	4
29-07-2021		5 Google Meet	1
29-07-2021		5 Google Meet	2
29-07-2021		5 Google Meet	3
29-07-2021		5 Google Meet	4
30-07-2021		3 Google Meet	1
30-07-2021		3 Google Meet	2
30-07-2021		4 Google Meet	1
30-07-2021		4 Google Meet	2
30-07-2021		4 Google Meet	3
30-07-2021		4 Google Meet	4
31-07-2021		1 Google Meet	1
31-07-2021		1 Google Meet	2
31-07-2021		1 Google Meet	3
31-07-2021		1 Google Meet	4
31-07-2021		2 Google Meet	1
31-07-2021		2 Google Meet	2
31-07-2021		2 Google Meet	3
31-07-2021		2 Google Meet	4
31-07-2021		4 Google Meet	4
31-07-2021		5 Google Meet	1
31-07-2021		5 Google Meet	3
02-08-2021		1 Google Meet	1
02-08-2021		1 Google Meet	2
02-08-2021		1 Google Meet	3
02-08-2021		1 Fisiologia	14
02-08-2021		1 Colegio Médico Regi	19
02-08-2021		2 Google Meet	1
02-08-2021		2 Google Meet	2
02-08-2021		2 Google Meet	3

5. Hoja Madre – Grupo: Analizando esta pestaña se determina si existen fechas específicas para ciertos grupos de revalidantes en que deben rendir ciertas especialidades.

Tabla 13: Pestaña Grupo de la Hoja Madre de la Unidad de Reválida.

Fuente: Hoja Madre.xlsx.

idGrupo	Grupo	Cantidad	MI_inicio	MI_fin	PD_inicio	PD_fin	GO_inicio	GO_fin	CX_inicio	CX_fin
11	Nuevo 1	50	06-07-2020	10-07-2020	20-07-2020	24-07-2020	03-08-2020	07-08-2020	17-08-2020	21-08-2020
12	Nuevo 2	50	06-07-2020	10-07-2020	20-07-2020	24-07-2020	03-08-2020	07-08-2020	17-08-2020	21-08-2020
13	Nuevo 3	50	13-07-2020	17-07-2020	27-07-2020	31-07-2020	10-08-2020	14-08-2020	24-08-2020	28-08-2020
14	Nuevo 4	50	24-08-2020	28-08-2020	13-07-2020	17-07-2020	27-07-2020	31-07-2020	10-08-2020	14-08-2020
15	Nuevo 5	50	27-08-2020	31-07-2020	10-08-2020	14-08-2020	24-08-2020	28-08-2020	07-09-2020	11-09-2020
16	Nuevo 6	100	31-08-2020	04-09-2020	17-08-2020	21-08-2020	07-09-2020	11-09-2020	21-09-2020	25-09-2020
17	Nuevo 7	100	19-10-2020	23-10-2020	05-10-2020	09-10-2020	07-09-2020	11-09-2020	21-09-2020	25-09-2020
18	Nuevo 8	100	19-10-2020	23-10-2020	05-10-2020	09-10-2020	09-11-2020	13-11-2020	23-11-2020	27-11-2020
19	Nuevo 9	100	21-12-2020	24-12-2020	07-12-2020	11-12-2020	09-11-2020	13-11-2020	23-11-2020	27-11-2020
20	Nuevo 10	50	21-12-2020	24-12-2020	07-12-2020	11-12-2020	04-01-2021	08-01-2021	18-01-2021	22-01-2021
21	Nuevo 11	50	22-03-2021	26-03-2021	08-03-2021	12-03-2021	04-01-2021	08-01-2021	18-01-2021	22-01-2021
22	Nuevo 12	250	22-03-2021	26-03-2021	08-03-2021	12-03-2021	12-04-2021	16-04-2021	26-04-2021	30-04-2021
23	Nuevo 13	250	29-03-2021	02-04-2021	15-03-2021	19-03-2021	19-04-2021	23-04-2021	03-05-2021	07-05-2021
24	Nuevo 14	250	24-05-2021	28-05-2021	10-05-2021	14-05-2021	07-06-2021	11-06-2021	21-06-2021	24-06-2021
25	Nuevo 15	250	31-05-2021	04-06-2021	17-05-2021	20-05-2021	14-06-2021	17-06-2021	28-06-2021	02-06-2021
26	Nuevo 16	200	26-07-2021	30-07-2021	28-06-2021	02-06-2021	23-07-2021	27-08-2021	20-09-2021	24-09-2021
27	Nuevo 17	250	26-07-2021	31-07-2021	09-08-2021	14-08-2021	23-08-2021	28-08-2021	06-09-2021	11-09-2021
28	Nuevo 18	250	02-08-2021	07-08-2021	16-08-2021	21-08-2021	30-08-2021	04-09-2021	13-09-2021	25-09-2021
29	Nuevo 19	250	20-09-2021	25-09-2021	11-10-2021	16-10-2021	01-11-2021	06-11-2021	22-11-2021	27-11-2021
30	Nuevo 20	250	27-09-2021	02-10-2021	18-10-2021	23-10-2021	08-11-2021	13-11-2021	29-11-2021	04-12-2021
31	Nuevo 21	250	04-10-2021	09-10-2021	25-10-2021	30-10-2021	15-11-2021	20-11-2021	06-12-2021	11-12-2021
32	Nuevo 22	250	13-12-2021	18-12-2021	20-12-2021	25-12-2021	27-12-2021	01-01-2022	03-01-2022	08-01-2022
40	Anterior	250	01-01-2021	28-01-2021	01-02-2021	28-02-2021	01-03-2021	28-03-2021	01-04-2021	28-04-2021
41	UChile	250	01-01-2021	28-01-2021	01-02-2021	28-02-2021	01-03-2021	28-03-2021	01-04-2021	28-04-2021

6. Resultados Individuales 2020 – Estados: Esta pestaña es utilizada para revisar qué especialidades debe rendir cada revalidante y en qué modalidad, cuáles ya ha rendido y a qué grupo pertenece.

Tabla 14: Pestaña Estados de Resultados Individuales 2021 de la Unidad de Reválida.

Fuente: Resultados Individuales 2021.xlsx.

idR	NombreRevalidante	MD	PD	OB	CX	Repeticio	estadc	estadoGk	Grupo
3682	Francisco Javier Osorio Llerena	Pendiente presencial (6)	No rendido	No rendido	Pendiente presencial (3)	No	Vigente	En proceso	UChile
3683	Irene Romero Ortega	No rendido	Pendiente online o presencial (3)	No rendido	No rendido	No	Vigente	En proceso	UChile
3685	Jose Manuel Rojas Carrasquel	Pendiente presencial (6)	Pendiente presencial (6)	Pendiente presencial (6)	Pendiente presencial (3)	No	Vigente	En proceso	UChile
3686	Maoli Alejandra Cardona Montes	Reprobado	Aprobado	Pendiente presencial (3)	Pendiente online o presencial (3)	No	Vigente	En proceso	UChile
3687	María José Duran Arocha	Pendiente presencial (3)	Pendiente presencial (3)	Pendiente presencial (6)	Pendiente presencial (3)	No	Vigente	En proceso	UChile
3689	María Teresa Flores Delgado	Vigente	Vigente	Vigente	No rendido	No	Vigente	En proceso	UChile
3690	Mustiola Olivet Navarro Gonzalez	Vigente	Pendiente presencial (6)	No rendido	Vigente	No	Vigente	En proceso	UChile
3691	Mariela Montecinos Castellon	Vigente	Vigente	No rendido	No rendido	No	Vigente	En proceso	UChile
3693	Maylin Lorena Vergara Reyes	Pendiente presencial (6)	Pendiente presencial (6)	Pendiente presencial (3)	Pendiente presencial (6)	No	Vigente	En proceso	UChile
3695	María Fernanda Briceño Delgado	Vigente	Pendiente presencial (6)	Vigente	Vigente	No	Vigente	En proceso	UChile
3697	Raquel Ines Peñaranda Fuentealba	Vigente	No rendido	No rendido	Pendiente presencial (6)	No	Vigente	En proceso	UChile
3698	Dayana Patricia Santamaría Ariza	Pendiente presencial (6)	No rendido	No rendido	No rendido	No	Vigente	En proceso	UChile
3701	Eder Javier Acosta Araya	Vigente	Aprobado	Vigente	Vigente	No	Vigente	Finalizado	UChile
3704	Camila Francisca Altamirano Rivera	Pendiente presencial (3)	No rendido	No rendido	No rendido	No	Vigente	En proceso	Anterior
3705	Dulce Lorena Chacón Zambrano	Aprobado	Aprobado	Reprobado	Pendiente online o presencial (3)	No	Vigente	En proceso	Anterior
3706	Irian del Carmen Ordaz Humbria	Aprobado	No rendido	Pendiente online o presencial (3)	Pendiente presencial (3)	No	Vigente	En proceso	Anterior
3707	Claudia Virginia Covarrubia Fonseca	Reprobado	No rendido	Pendiente presencial (3)	Pendiente online o presencial (3)	No	Vigente	En proceso	Anterior
3708	Roger Jesús Jiménez Bravo	No rendido	No rendido	No rendido	No rendido	No	Vigente	En proceso	Anterior
3709	Enrique José Fermín Meneses	No rendido	No rendido	No rendido	No rendido	No	Vigente	En proceso	Anterior
3711	Joaquín Ramón Saturno Rivero	No rendido	No rendido	No rendido	No rendido	No	Vigente	En proceso	Anterior
3716	María Vanessa García Daza	Pendiente presencial (3)	No rendido	No rendido	No rendido	No	Vigente	En proceso	Anterior
3717	Joan Joselin Cofré Cortés	Pendiente presencial (3)	No rendido	No rendido	No rendido	No	Vigente	En proceso	Anterior

#### 4.4. Resultados Obtenidos

##### 4.4.1. Resultados del Modelo de Calendarización de Actividades Semestrales

Los modelos descritos entregan una calendarización semestral por semana, donde se aprecia el bloque del día, en qué día, el centro, su sector, la especialidad, la cantidad de revalidantes y el grupo al que pertenecen que han sido asignados, en un archivo .xlsx, como se aprecia a continuación:

*Tabla 15: Ejemplo de resultado de modelo de Calendarización de Actividades Semestrales.*

*Fuente: Elaboración Propia*

Grupo	Semana	Día	Bloque	Centro	Sector	Especialidad	Cantidad de Revalidantes
1	1	Sabado	3	CHC		1 Medicina Interna	18
1	1	Sabado	3	CHC		2 Medicina Interna	18
1	1	Sabado	3	SP		1 Medicina Interna	18
1	2	Martes	3	SP		1 Medicina Interna	12
1	2	Miercoles	2	SP		1 Medicina Interna	18
3	2	Miercoles	3	CHC		2 Medicina Interna	18
1	2	Jueves	2	SP		1 Medicina Interna	18
1	2	Sabado	1	Sala 8		1 Medicina Interna	18
4	2	Sabado	1	CHC		2 Medicina Interna	18
1	2	Sabado	2	SP		1 Medicina Interna	18
1	3	Martes	2	SP		1 Medicina Interna	6
5	3	Martes	2	SP		1 Medicina Interna	6
6	3	Martes	2	SP		1 Medicina Interna	6
2	3	Miercoles	3	CHC		2 Medicina Interna	18
5	3	Jueves	3	SP		1 Medicina Interna	18
5	3	Sabado	2	SP		1 Medicina Interna	18
1	3	Sabado	2	CHC		2 Medicina Interna	18
1	3	Sabado	3	CHC		1 Medicina Interna	18
2	4	Lunes	1	SP		1 Medicina Interna	18
2	4	Miercoles	2	CHC		1 Medicina Interna	18
1	4	Sabado	1	CHC		2 Medicina Interna	18
1	4	Sabado	3	Sala 8		1 Medicina Interna	18
7	5	Martes	1	Sala 8		1 Medicina Interna	18
7	5	Sabado	2	CHC		1 Medicina Interna	18
7	5	Sabado	3	Sala 8		1 Medicina Interna	18
5	6	Miercoles	1	CHC		1 Medicina Interna	18
5	6	Sabado	1	Sala 8		1 Medicina Interna	18
5	6	Sabado	1	CHC		2 Medicina Interna	18
9	7	Lunes	2	SP		1 Medicina Interna	18
6	7	Miercoles	2	CHC		2 Medicina Interna	12
6	7	Sabado	2	Sala 8		1 Medicina Interna	6
9	7	Sabado	2	Sala 8		1 Medicina Interna	12
7	7	Sabado	3	Sala 8		1 Medicina Interna	18
10	8	Miercoles	3	SP		1 Medicina Interna	18
7	9	Miercoles	1	Sala 8		1 Medicina Interna	18
7	9	Miercoles	2	Sala 8		1 Medicina Interna	18

#### **4.4.2. Resultados del Modelo de Asignación de Revalidantes y Pruebas**

El modelo presentado entrega 2 outputs, el primero corresponde al calendario de las pruebas, su horario y la especialidad que se evaluará; mientras el segundo corresponde a los revalidantes asignados a estas pruebas. Estos resultados son entregados en dos archivos .xlsx, como se muestra a continuación:

## 1. Asignación Prueba:

Entrega una pestaña con la información necesaria para crear pruebas que permita completar la pestaña Prueba de la Hoja Madre de la Unidad de Reválida. También entrega la información de las pruebas ya creadas que están dentro del periodo determinado para la asignación que se diferencia por el id de la Prueba.

Tabla 16: Ejemplo de resultado del archivo AsignacionPrueba.xlsx del modelo de Asignación de Revalidantes y Pruebas.

Fuente: Elaboración Propia

Fecha	Especialidad	idBloque	Centro	idSector	idPrueba
03-08-2021	Medicina Interna	1	Google Meet	4	6076
03-08-2021	Medicina Interna	1	Google Meet	2	6077
03-08-2021	Medicina Interna	1	Google Meet	1	6029
03-08-2021	Medicina Interna	1	Google Meet	3	6032
04-08-2021	Medicina Interna	1	Google Meet	3	6095
04-08-2021	Medicina Interna	2	Google Meet	2	6096
04-08-2021	Medicina Interna	3	Google Meet	1	6097
04-08-2021	Medicina Interna	4	Google Meet	2	6103
04-08-2021	Medicina Interna	5	Google Meet	4	6107
06-08-2021	Medicina Interna	2	Google Meet	1	Prueba Nueva 1
06-08-2021	Medicina Interna	2	Google Meet	2	Prueba Nueva 2
06-08-2021	Medicina Interna	2	Google Meet	3	Prueba Nueva 3
07-08-2021	Medicina Interna	5	Google Meet	2	Prueba Nueva 4
07-08-2021	Medicina Interna	3	Google Meet	2	Prueba Nueva 5
07-08-2021	Medicina Interna	3	Google Meet	4	Prueba Nueva 6
07-08-2021	Medicina Interna	3	Google Meet	5	Prueba Nueva 7
07-08-2021	Medicina Interna	3	Google Meet	1	Prueba Nueva 8
07-08-2021	Medicina Interna	3	Google Meet	3	Prueba Nueva 9
07-08-2021	Medicina Interna	1	Google Meet	1	Prueba Nueva 10
07-08-2021	Medicina Interna	1	Google Meet	3	Prueba Nueva 11
07-08-2021	Medicina Interna	1	Google Meet	2	Prueba Nueva 12
07-08-2021	Medicina Interna	1	Google Meet	5	Prueba Nueva 13
07-08-2021	Medicina Interna	1	Google Meet	4	Prueba Nueva 14
10-08-2021	Medicina Interna	2	Google Meet	3	Prueba Nueva 15
23-08-2021	Medicina Interna	2	Google Meet	2	Prueba Nueva 16
30-07-2021	Medicina Interna	3	Mónica Suarez	20	5505
04-08-2021	Medicina Interna	2	Mónica Suarez	20	6038
04-08-2021	Medicina Interna	1	Mónica Suarez	20	6039
05-08-2021	Medicina Interna	2	Mónica Suarez	20	6044
09-08-2021	Medicina Interna	1	Mónica Suarez	20	Prueba Nueva 17
10-08-2021	Medicina Interna	3	Mónica Suarez	20	Prueba Nueva 18
11-08-2021	Medicina Interna	2	Mónica Suarez	20	Prueba Nueva 19
16-08-2021	Medicina Interna	1	Mónica Suarez	20	Prueba Nueva 20
17-08-2021	Medicina Interna	1	Mónica Suarez	20	Prueba Nueva 21

## 2. Asignacion Revalidantes:

Entrega la información de los revalidantes asignados a las pruebas nuevas, y los que fueron asignados por el modelo a pruebas ya creadas (cuando la columna Preasignado es igual a 0), dentro del periodo determinado de asignación. También entrega la información de las pruebas ya creadas dentro del periodo.

Tabla 17: Ejemplo de resultado del archivo AsignacionRevalidante.xlsx del modelo de Asignación de Revalidantes y Prueba.

Fuente: Elaboración Propia

Fecha	idBloque	Especialidad	Centro	idSector	Tipo	idRevalidante	Grupo	Repeticion	idPrueba	Rezago	Preasignado
03-08-2021	5	Pediatría	Google Meet	2	Online	3685	UChile	0	6089	1	1
02-08-2021	3	Cirugía	Google Meet	1	Online	3689	UChile	0	6062	1	1
03-08-2021	2	Pediatría	Fisiología	14	Presencial	3695	UChile	0	6030	1	1
06-08-2021	3	Cirugía	Mónica Suarez	20	Presencial	3718	Anterior	0	6055	2	1
02-08-2021	3	Cirugía	Google Meet	1	Online	3721	UChile	0	6062	3	1
04-08-2021	2	Medicina Interna	Google Meet	2	Online	3727	UChile	0	6096	1	1
06-08-2021	1	Ginecología y Obstetricia	Google Meet	4	Online	3894	Grupo 1	0	6110	4	0
30-07-2021	1	Ginecología y Obstetricia	Mónica Suarez	20	Presencial	3924	Grupo 2	0	5502	1	1
30-07-2021	1	Ginecología y Obstetricia	Mónica Suarez	20	Presencial	3988	Grupo 2	0	5502	2	1
02-08-2021	1	Ginecología y Obstetricia	Mónica Suarez	20	Presencial	4001	Grupo 2	0	6024	2	1
30-07-2021	4	Pediatría	Google Meet	3	Online	4002	Grupo 2	0	6009	1	1
30-07-2021	2	Pediatría	Mónica Suarez	20	Presencial	4011	Grupo 2	0	5500	1	1
04-08-2021	5	Ginecología y Obstetricia	Google Meet	1	Online	4035	Grupo 3	1	6102	1	1
30-07-2021	2	Ginecología y Obstetricia	Fisiología	14	Presencial	4038	Grupo 3	1	5501	1	1
03-08-2021	1	Pediatría	Fisiología	14	Presencial	4095	Grupo 3	1	6031	1	1
04-08-2021	5	Pediatría	Google Meet	3	Online	4095	Grupo 3	1	6109	1	1
05-08-2021	3	Pediatría	Fisiología	14	Presencial	4100	Grupo 3	0	6045	1	1
31-07-2021	5	Cirugía	Google Meet	1	Online	4132	Grupo 3	0	6016	1	1
02-08-2021	5	Cirugía	Google Meet	1	Online	4140	Grupo 4	1	6026	1	1
04-08-2021	2	Cirugía	Google Meet	1	Online	4140	Grupo 4	1	6094	1	1
03-08-2021	1	Cirugía	Mónica Suarez	20	Presencial	4141	Grupo 4	0	6037	1	1
31-07-2021	5	Medicina Interna	Google Meet	4	Online	4145	Grupo 4	1	5513	1	1
02-08-2021	1	Medicina Interna	Google Meet	3	Online	4145	Grupo 4	1	6063	1	1
31-07-2021	1	Pediatría	Google Meet	1	Online	4155	Grupo 4	1	6058	1	1
04-08-2021	2	Pediatría	Google Meet	3	Online	4155	Grupo 4	1	6098	1	1
31-07-2021	1	Ginecología y Obstetricia	Google Meet	2	Online	4156	Grupo 4	0	6012	2	1
31-07-2021	2	Ginecología y Obstetricia	Google Meet	4	Online	4158	Grupo 4	1	6061	1	1
31-07-2021	4	Medicina Interna	Google Meet	1	Online	4163	Grupo 4	1	5514	1	1
03-08-2021	1	Medicina Interna	Google Meet	3	Online	4163	Grupo 4	1	6032	1	1
31-07-2021	1	Ginecología y Obstetricia	Google Meet	2	Online	4180	Grupo 4	1	6012	1	1
04-08-2021	5	Ginecología y Obstetricia	Google Meet	1	Online	4180	Grupo 4	1	6102	1	1
03-08-2021	1	Cirugía	Mónica Suarez	20	Presencial	4181	Grupo 4	0	6037	2	1
02-08-2021	3	Pediatría	Mónica Suarez	20	Presencial	4183	Grupo 4	0	6021	2	1
06-08-2021	2	Cirugía	Mónica Suarez	20	Presencial	4183	Grupo 4	0	6054	2	1
30-07-2021	3	Medicina Interna	Google Meet	1	Online	4192	UChile	1	6006	1	1
05-08-2021	3	Pediatría	Fisiología	14	Presencial	4202	Grupo 4	0	6045	1	1

Analizando los resultados obtenidos hasta el mes de Agosto del 2021, se desprende que el uso del modelo ha permitido aumentar la cantidad de actas obtenidas en los 4 meses anteriores (Diciembre 2020, Enero, Marzo y Abril 2021) desde 449, hasta 983 en los 4 meses donde se ha utilizado (Mayo, Junio, Julio, Agosto 2021).

Estos resultados han apoyado la inclusión de nuevos revalidantes en forma de grupos, de tal manera que la base de datos ha sido poblada constantemente. La cantidad de revalidantes y la fecha de inclusión se muestra en la tabla a continuación:



Tabla 18: Grupos de revalidantes incluidos en el proceso desde Noviembre 2020 a Agosto 2021.

Fuente: Elaboración Propia.

<b>Grupo</b>	<b>Cantidad de Revalidantes</b>	<b>Mes de inclusión</b>
Nuevo 9	55 revalidantes	Noviembre 2020
Nuevo 10	40 revalidantes	Diciembre 2020
Nuevo 11	31 revalidantes	Enero 2021
Nuevo 12	258 revalidantes	Marzo 2021
Nuevo 13	249 revalidantes	Marzo 2021
Nuevo 14	253 revalidantes	Marzo 2021
Nuevo 15	228 revalidantes	Mayo 2021
Nuevo 16	196 revalidantes	Julio 2021
Nuevo 17	53 revalidantes	Agosto 2021
Nuevo 18	67 revalidantes	Agosto 2021
Nuevo 19	134 revalidantes	Agosto 2021

## CAPITULO 5: PROPUESTA DE APOYO TECNOLÓGICO

### 5.1. Arquitectura Tecnológica

#### 5.1.1. Arquitectura Tecnológica para la Calendarización de Actividades Semestrales

Para la implementación y uso del modelo detallado previamente se ha diseñado la siguiente arquitectura que soporta la solución. Para esta es necesaria la carga de un archivo .xlsx con la disponibilidad de los centros de simulación, para luego, y utilizando la herramienta Python, ser analizado este input, levantar los errores encontrados, para luego optimizar utilizando la extensión de Gurobi para Python. Con esto se genera el calendario requerido, el cual es almacenado en otro archivo .xlsx y se entrega al usuario, como se detalla en la Figura 23.

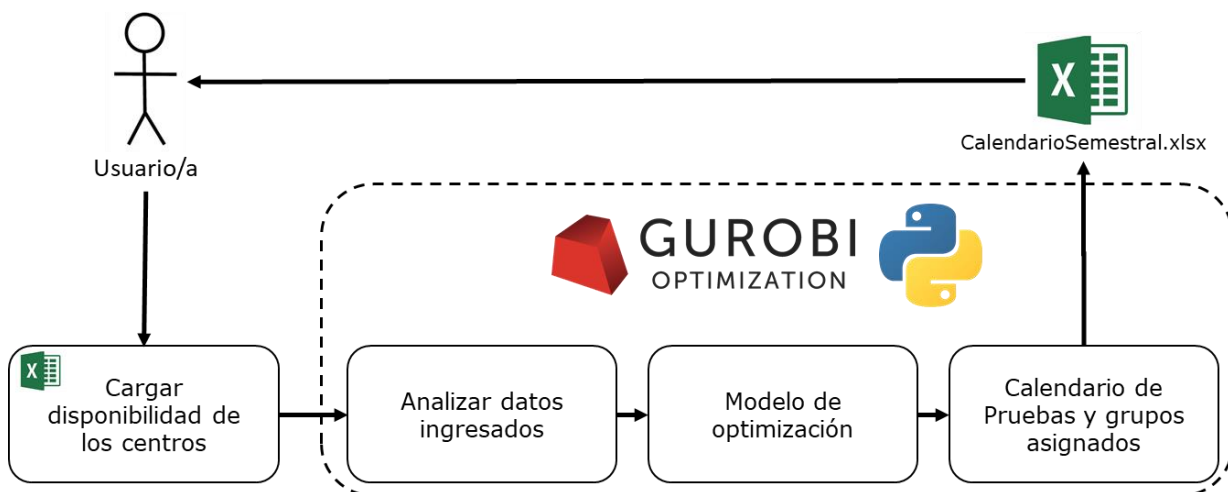


Figura 23: Arquitectura tecnológica para prototipo funcional del proyecto de Calendarización de Actividades Semestrales.

Fuente: Elaboración Propia

#### 5.1.2. Arquitectura Tecnológica para Asignación de Revalidantes y Pruebas

Al igual que en la arquitectura anterior, se utiliza Python y la extensión de Gurobi para este, en el análisis de las tablas requeridas, como en la optimización. En este caso el Usuario carga las tablas de la Hoja Madre y de Resultados Individuales 2021, para luego seleccionar las fechas de la asignación, dando paso así a la validación de estos inputs, con lo que se puede utilizar el modelo y se generan dos archivos .xlsx como resultado, los que son entregados al usuario, como se detalla en la Figura 24.

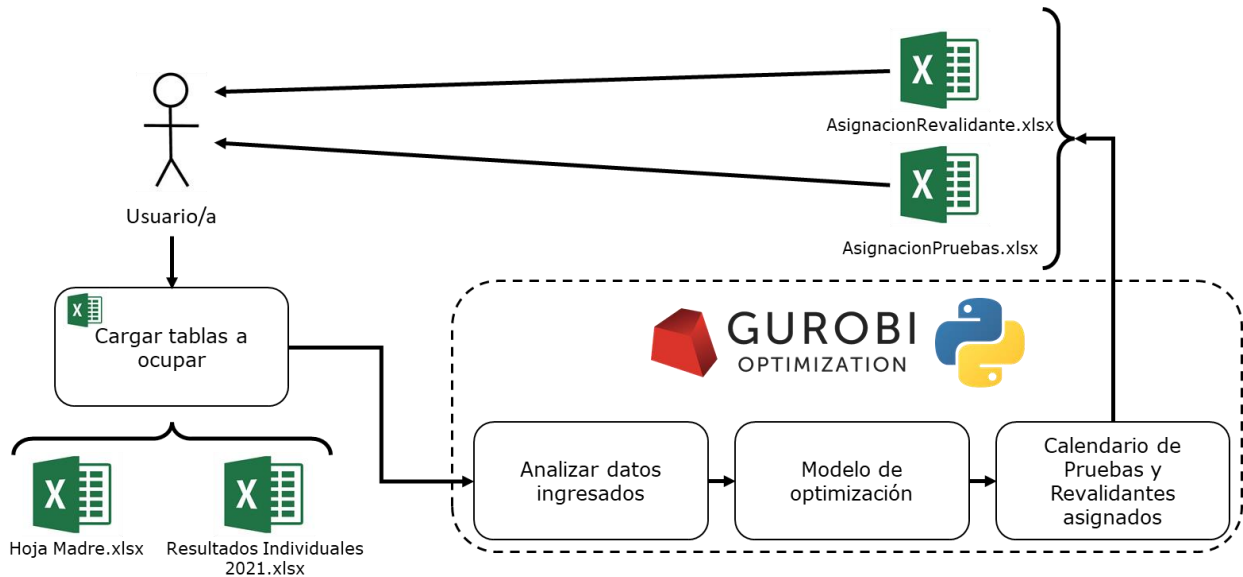


Figura 24: Arquitectura tecnológica para prototipo funcional del proyecto de Asignación de Revalidantes y Pruebas.

Fuente: Elaboración Propia

## 5.2. Casos de Uso

A continuación, se detallan los casos de uso las soluciones mencionadas, desarrollando las funcionalidades y la interacción del usuario el sistema, en un solo caso de uso al tener una interacción similar por parte del usuario:

Para comenzar, el usuario debe seleccionar el modelo que le interesa ejecutar, donde es llevado a la interfaz donde se selecciona(n) y carga(n) el/los archivo(s) necesarios para realizar la optimización. A continuación, el sistema valida que los datos contenidos no contengan errores de formato o de consistencia, donde al encontrar alguno, exige la corrección de estos, indicando donde se ubica el error encontrado. Luego, el actor ejecuta el modelo de optimización, con lo que de no resultar infactible, este obtiene los resultados, los cuales pueden ser descargados en formato .xlsx.

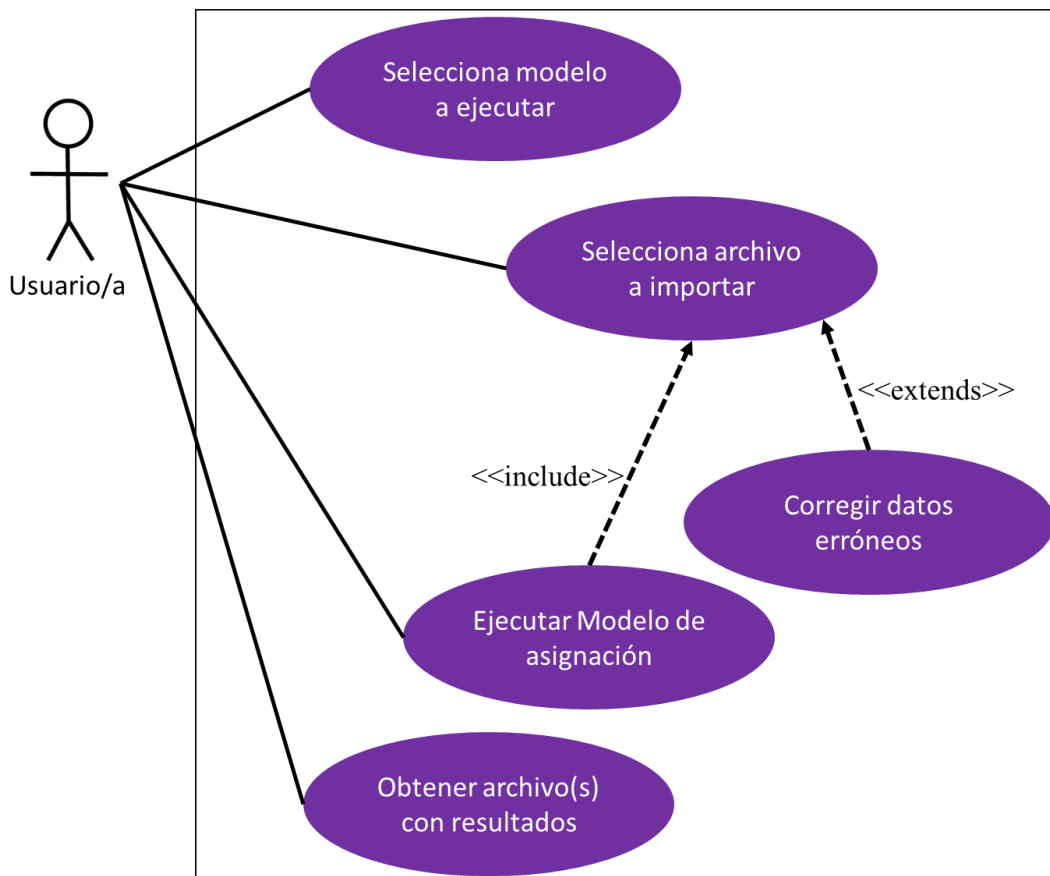


Figura 25: Casos de uso del proyecto de Calendarización de Actividades Semestrales.

Fuente: Elaboración Propia.

---

**Caso de uso CU-01:** Seleccionar modelo a utilizar

---

**Actor principal:** Usuario/a

---

**Sinopsis:** El usuario/a debe seleccionar cuál de los modelos quiere ejecutar.

---

**Precondición:** Ninguna

---

**Postcondición:** Al seleccionar uno de los modelos, va a interfaz donde se pueden cargar los datos (CU-02)

---

**Escenario principal:**

---

1. El usuario/a selecciona cuál modelo desea ejecutar.
- 

---

**Caso de uso CU-02:** Seleccionar archivo a importar

---

**Actor principal:** Usuario/a

---

---

**Sinopsis:** El usuario/a carga el archivo .xlsx que contiene las tablas necesarias para la ejecución del modelo, donde los datos son validados.

---

**Precondición:** CU-01 debe llevarse a cabo

---

**Postcondición:** Si el archivo es cargado y los datos son validados de manera correcta, se puede realizar CU-03

---

**Escenario principal:**

---

1. El usuario/a carga el archivo .xlsx
  2. El usuario/a recibe mensaje de carga correcta
- 

**Escenario alternativo:**

---

- 2.1 Se realiza CU-05
  3. El usuario/a recibe mensaje de carga correcta
- 

---

**Caso de uso CU-03:** Ejecutar modelo de asignación

---

**Actor principal:** Usuario/a

---

**Sinopsis:** El usuario/a utiliza los datos cargados en el programa para ejecutar la optimización que genera la asignación buscada.

---

**Precondición:** CU-02 debe llevarse a cabo

---

**Postcondición:** Una vez culmine la optimización, se puede realizar CU-04

---

**Escenario principal:**

---

1. El usuario/a ejecuta la etapa de optimización del programa
  2. El sistema analiza la factibilidad del modelo planteado
  3. El sistema optimiza la información dada siguiendo un modelo de optimización definido
  4. El sistema entrega el resultado de la optimización
-

---

**Caso de uso CU-04:** Obtener archivo(s) con resultados de la optimización

---

**Actor principal:** Usuario/a

---

**Sinopsis:** El usuario obtiene los resultados del modelo de optimización en formato .xlsx

---

**Precondiciones:** CU-03 debe llevarse a cabo

---

**Postcondiciones:** Ninguna.

---

**Escenario principal:**

---

1. El usuario/a revisa que la optimización haya culminado correctamente
  2. El usuario/a descarga los resultados en un archivo .xlsx
- 

---

**Caso de uso CU-05:** Corregir datos erróneos

---

**Actor principal:** Usuario/a

---

**Sinopsis:** El usuario/a debe corregir los datos que el sistema detecte son erróneos para realizar la optimización

---

**Precondiciones:** Los datos ingresados no están en el formato correspondiente

---

**Postcondiciones:** Los datos están listos para ser cargados nuevamente

---

**Escenario principal:**

---

1. El usuario/a lee el mensaje de error del sistema
  2. El usuario/a identifica el/los error/es detectados por el sistema
  3. El usuario/a corrige el/los error/es detectados por el sistema
  4. El usuario/a puede volver a cargar los datos en el sistema
- 

### 5.3. Diagrama de Secuencia

A continuación, se detalla un solo diagrama de secuencia para ambos modelos, ya que la interacción con el sistema se realiza de manera similar. Este proceso comienza cuando el usuario/a debe seleccionar el archivo que cargará en el sistema para utilizar los datos contenidos en este. Cuando la carga se realiza es posible identificar dos escenarios: El primero es cuando el sistema analiza los datos y encuentra errores o inconsistencias en estos, por lo que entrega un mensaje

donde se identifica el error para ser corregido. El segundo es que los datos ingresados son correctos y pueden ser utilizados para la optimización deseada.

Una vez que los datos han sido leídos correctamente, el usuario puede comenzar la optimización según el modelo detallado, de no encontrar alguna infactibilidad, este obtiene los resultados, con lo que finalmente el sistema entrega este/os archivo/s al usuario/a.

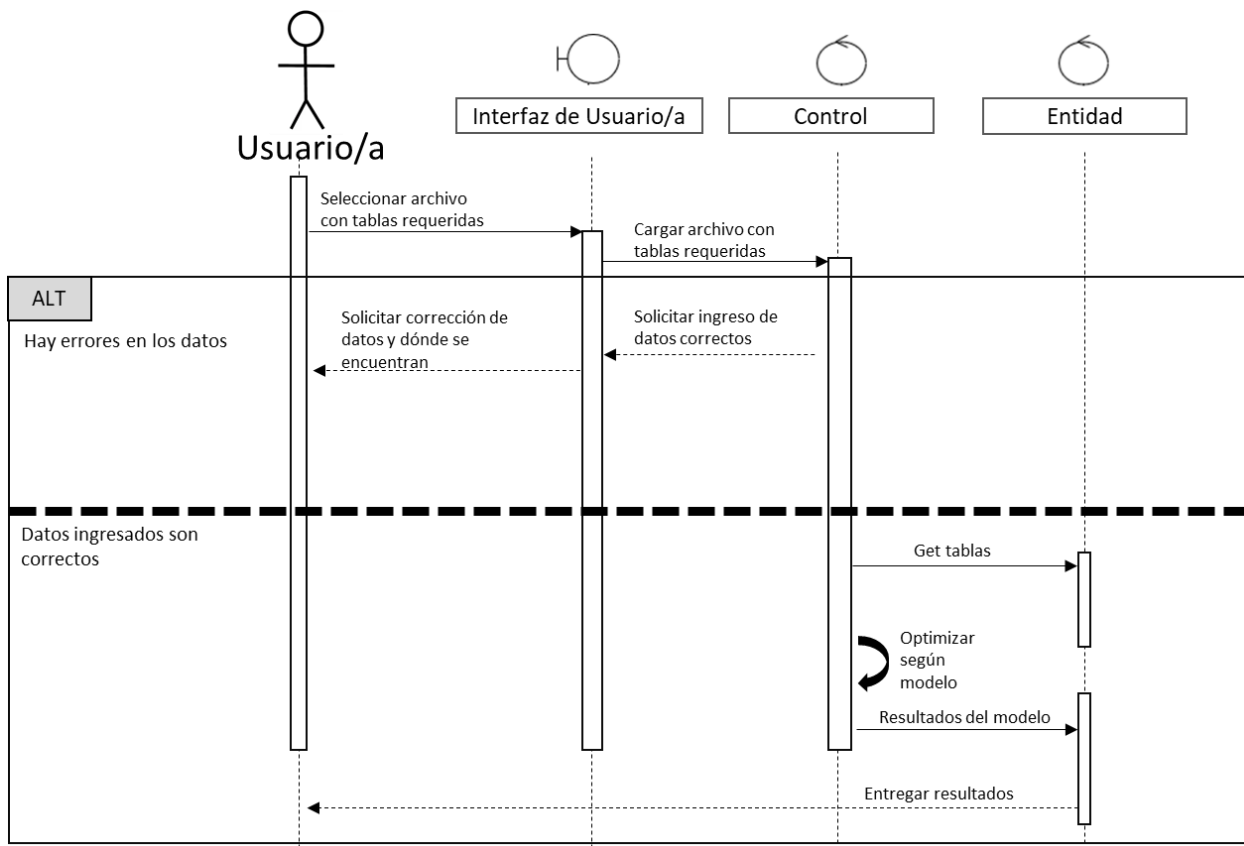


Figura 26: Diagrama de secuencia para ambos modelos de asignación.

Fuente: Elaboración Propia.

#### 5.4. Prototipo Funcional Desarrollado

A modo de propuesta se ha desarrollado el siguiente prototipo funcional, del cual se muestran una sección común y 2 para cada modelo descrito. En estas el usuario podrá seleccionar el modelo que desee ejecutar, cargar los archivos :

1. Sección 1, selección del modelo a ejecutar: En esta vista se entregan la información general de los dos modelos desarrollados en el proyecto, para que el(la) usuario(a) pueda seleccionar de manera informada el modelo que desea ejecutar.



SELECCIONE EL MODELO A UTILIZAR:

MODELO DE CALENDARIZACIÓN SEMESTRAL

Modelo que genera un calendario semestral de 16 semanas para la toma de exámenes del EUNACOM-SP, maximizando la cantidad de revalidantes a evaluar y organizando las fechas de cada grupo

Ir >

MODELO DE ASIGNACION DE REVALIDANTES Y PRUEBAS

Modelo que genera un calendario para la toma de exámenes del EUNACOM-SP según la cantidad de revalidantes pendientes, creando pruebas y asignándolos a estas

Ir >

*Figura 27: Vista de la sección de selección del modelo a ejecutar del Prototipo Funcional elaborado.*

*Fuente: Elaboración propia*

2. Sección 2, carga de datos: En esta vista se solicita al(la) usuario(a) que seleccione el o los archivos donde se encuentran las tablas con los datos que requiere el modelo para su ejecución, para que sean cargados. En la Figura 28 se aprecia la vista para el modelo de asignación de revalidantes y pruebas, y en la Figura 29 para el de calendarización semestral.





#### MODELO DE ASIGNACION DE REVALIDANTES Y PRUEBAS

Para el correcto funcionamiento del modelo es necesario seleccionar y cargar los archivos Hoja Madre y ResultadosIndividuales2021 en formato .xlsx

Examinar 

*Figura 28: Vista de la sección de carga de datos del modelo de Asignación de Revalidantes y Pruebas del Prototipo Funcional elaborado.*

*Fuente: Elaboración propia*



Figura 29: Vista de la sección de carga de datos del modelo de Calendarización Semestral del Prototipo Funcional elaborado.

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, se muestra una vista de un error en la carga de los datos, en específico, la Figura 30 muestra que 2 pruebas ocupan el mismo Sector, Bloque horario, Fecha y Centro, es decir, estarían ocupando el mismo espacio físico en el mismo momento de tiempo, lo cual es incompatible con la manera de operar de la Unidad de Reválida.



# UNIDAD DE REVÁLIDA

Facultad de Medicina de la Universidad de Chile



## MODELO ASIGNACIÓN DE REVALIDANTES Y PRUEBAS

**ValueError:** Las siguientes pruebas tienen igual valor de Fecha-Centro-idBloque-idSector:

idPrueba	Fecha	idBloque	Centro	idSector
5994	29-07-2021	1	Google Meet	1
5995	29-07-2021	1	Google Meet	1


Reintentar 

Figura 30: Vista de la sección de carga de datos con un error de consistencia para modelo de Calendarización Semestral del Prototipo Funcional elaborado.

Fuente: Elaboración propia

3. Sección 3, descarga de resultados: En esta vista el(la) usuario(a) puede ver si el modelo se ejecutó de manera correcta, y posteriormente descargar los resultados obtenidos.



# UNIDAD DE REVÁLIDA

Facultad de Medicina de la Universidad de Chile



## MODELO DE ASIGNACION DE REVALIDANTES Y PRUEBAS

Funcionamiento exitoso, han sido creados el archivo que contiene las pruebas creadas, y el archivo que contiene los revalidantes asignados a estas

Archivo Prueba.xlsx

Descargar ↓

Archivo AsignacionRevalidante.xlsx

Descargar ↓

*Figura 31: Vista de la sección de descarga de resultados del modelo de Asignación de Revalidantes y Pruebas del Prototipo Funcional elaborado.*

*Fuente: Elaboración propia*



# UNIDAD DE REVÁLIDA

Facultad de Medicina de la Universidad de Chile



## MODELO CALENDARIZACIÓN SEMESTRAL

Funcionamiento exitoso, han sido creados el archivo que contiene las fechas de rendición para cada grupo de revalidantes

Archivo CalendarizacionEUNACOM.xlsx

Descargar 

*Figura 32: Vista de la sección de descarga de resultados del modelo de Calendarización Semestral del Prototipo Funcional elaborado.*

*Fuente: Elaboración propia*

## **CAPITULO 6: EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO**

---

Para la evaluación de la factibilidad del proyecto, se hace de suma importancia el impacto económico que este tendrá. Como el quehacer de la Unidad de Reválida representa un beneficio social para el país, al hacerse cargo, en parte, de la escasez de médicos generales comparados con la población chilena, es que se realiza un análisis social del proyecto, así como también, un análisis privado donde se mide el impacto que este tiene en los sueldos pagados por la unidad.

### **6.1. Beneficios y Costos**

#### ***6.1.1. Ingresos***

Los ingresos que se describen para el proyecto corresponden a la evaluación social de este. En ella, se evalúa la cantidad de revalidantes aprobados durante el periodo en que se han registrado los resultados del modelo asignación de revalidantes y pruebas (Mayo, Junio, Julio y Agosto 2021) llegando a una cantidad de 311, con lo que es posible calcular una tasa de 77 revalidantes con su proceso completo aprobado por mes, la cual es proyectada a 3 años por ser un proyecto tecnológico, asumiendo que este proyecto es replicable en los años posteriores. Esta tasa es comparada con los 188 revalidantes con su proceso completo aprobado siguiendo la calendarización anterior, la que da un total de 47 revalidantes por mes. Esto es utilizado para calcular el beneficio social de tener más médicos disponibles en la sociedad, con lo que se utiliza el sueldo promedio de un médico, que según el COLMED (2020) asciende a los \$3.200.000, el cual es ajustado por la tasa de 0,98 por ser mano de obra altamente calificada.

En cuanto a la evaluación privada, ambos modelos generan un ahorro en costos, lo que se traduce en un delta de costos positivo al realizar la comparación con el flujo actual.

#### ***6.1.2. Costos e Inversión***

Para el cálculo de los costos en la evaluación privada, se utilizan la cantidad de personas involucradas para la realización manual de ambas calendarizaciones, la cantidad de días que les toma realizar cada una de ellas, y el salario que ganan estas personas mensualmente (aproximados) estas personas, se exponen en las siguientes tablas:

Tabla 19: Costos asociados a los salarios pagados actualmente por la Unidad de Reválida en el proceso manual de recalendarización de actividades.

Fuente: Elaboración Propia.

<b>Costos para el proceso de recalendarización</b>	
Personas involucradas	3
Días hábiles utilizados al año	20
Salarios mensuales	\$4.000.000

Tabla 20: Costos asociados a los salarios pagados actualmente por la Unidad de Reválida en el proceso manual de calendarización de actividades semestrales.

Fuente: Elaboración Propia.

<b>Costos para el proceso de calendarización semestral</b>	
Personas involucradas	2
Días hábiles utilizados al año	6
Salarios mensuales	\$3.900.000

La reducción de costos que permite la implementación de ambos modelos reduce el tiempo de ejecución de estos a 0,5 jornadas laborales (días), una vez al mes para el modelo de recalendarización, y 2 veces al año para el modelo de calendarización semestral, donde son ejecutados solamente por una persona, cuyo salario asciende a los \$900.000 aproximadamente.

Otro costo importante para destacar es la inversión inicial realizada en cuanto al costo del tesista que realiza ambos proyectos, el cual asciende a los \$4.600.000.

En cuanto al análisis social, se analiza solamente el proyecto de recalendarización, por lo que se vuelven a ocupar los salarios definidos, ajustados por una tasa de 0,98 al tratarse de mano de obra altamente calificada.

Es importante destacar que para en análisis del flujo de caja del proyecto, los valores de los salarios fueron amplificados por una tasa de 1,21, ya que se utilizan salarios brutos.

## 6.2. Flujo de Caja

### 6.2.1. Flujo de Caja Privado

Para el análisis del flujo de caja privado, se calculó la tasa de descuento mediante el método de CAPM, definido a continuación:

$$r_p = r_f + \beta(r_m - r_f)$$

A partir de los datos del IGPA de los últimos 20 años se encuentra que la tasa de descuento a utilizar asciende a un 7,56%. Utilizando los datos señalados se construye el Flujo de caja privado para la implementación de ambos modelos, el cual es realizado comparando los gastos realizados en estos procesos actualmente con los beneficios del proyecto. Este se detalla a continuación:

Tabla 21: Flujo de Caja privado para la implementación de ambos modelos en la Unidad de Reválida, comparado con la situación actual.

Fuente: Elaboración Propia

	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3
ΔBeneficios	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
ΔCostos	\$ -	\$ 4.495.615	\$ 4.495.615	\$ 4.495.615
ΔFlujo de Caja Operacional	\$ -	\$ 4.495.615	\$ 4.495.615	\$ 4.495.615
ΔInversión	-\$4.600.000	\$ -	\$ -	\$ -
ΔFlujo de Capitales	-\$4.600.000	\$ -	\$ -	\$ -
<b>ΔFlujo de Caja Privado</b>	<b>\$ -4.600.000</b>	<b>\$ 4.495.615</b>	<b>\$ 4.495.615</b>	<b>\$ 4.495.615</b>

A partir de este resultado se calculan los siguientes indicadores de VAN y TIR:

Tabla 22: VAN y TIR del análisis privado del proyecto.

Fuente: Elaboración Propia.

VAN	\$7.078.239
TIR	81%

Ambos indican que el proyecto es entonces factible económicamente y conveniente para la Unidad de Reválida, tanto económicamente, como organizacionalmente, ya que el proyecto libera personal altamente calificado, el cual es requerido para otras funciones tremendamente



importantes. Además, se ha estudiado que el impacto del proyecto se traduce en una disminución de un 1.78% de los salarios fijos anuales de la Unidad de Reválida.

### 6.2.2. Flujo de Caja Social

En cuanto al análisis del impacto social que tendría el proyecto, se utiliza una tasa de descuento del 6% para este tipo de proyectos, que brinda el Ministerio de Desarrollo Social, la cual representa el costo de oportunidad que incurre la sociedad cuando el sector público extrae recursos para financiar sus proyectos. Utilizando esta, junto con los costos y beneficios detallados anteriormente se obtiene el siguiente flujo de caja social:

Tabla 23: Flujo de caja social para la implementación del modelo de Asignación de Revalidantes y Pruebas en la Unidad de Reválida, comparado con la situación actual.

Fuente: Elaboración Propia.

	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>
ΔBeneficios	\$ -	\$ 962.752.000	\$ 962.752.000	\$ 962.752.000
ΔCostos	\$ -	\$ 3.281.017	\$ 3.281.017	\$ 3.281.017
ΔFlujo de Caja Operacional	\$ -	\$ 966.033.017	\$ 966.033.017	\$ 966.033.017
ΔInversión	-\$4.508.000	\$ -	\$ -	\$ -
ΔFlujo de Capitales	-\$4.508.000	\$ -	\$ -	\$ -
<b>ΔFlujo de Caja Social</b>	<b>\$ -4.508.000</b>	<b>\$ 966.033.017</b>	<b>\$ 966.033.017</b>	<b>\$ 966.033.017</b>

Desde el cual se calcula el indicador VAN, obteniéndose el siguiente resultado:

Tabla 24: VAN del análisis social del proyecto.

Fuente: Elaboración Propia.

VAN	\$2.576.763.119
-----	-----------------

Como se observa, el proyecto tiene un VAN positivo, lo que indica que es conveniente para la sociedad llevar a cabo este proyecto. Su alto valor se explica debido a la cantidad de días que el proyecto permite trabajar a los médicos revalidados, y el alto salario de estos, el cual es utilizado como una aproximación al beneficio social que genera, lo que se ve reflejado en un alto impacto en cuanto a la accesibilidad de la población a más médicos generales.

### 6.3. Análisis de Sensibilidad

Para la realización del análisis de sensibilidad, es puesto a prueba el proyecto social, donde se realiza una variación de un 20% en la tasa de revalidantes aprobados, con tal de revisar el impacto que esta variable tiene en el proyecto. A partir de esto es que se generan dos nuevos flujos de caja ambientados en 2 escenarios, uno pesimista, con una tasa de 621 revalidantes aprobados al año; y otro optimista, con una tasa de 932 revalidantes aprobados al año. Estos resultados se muestran a continuación:

Tabla 25: Flujo de caja social optimista para la implementación del modelo de Asignación de Revalidantes y Pruebas s en la Unidad de Reválida, comparado con la situación actual.

Fuente: Elaboración Propia.

	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>
ΔBeneficios	\$ -	\$1.448.832.000	\$1.448.832.000	\$1.448.832.000
ΔCostos	\$ -	\$ 3.281.017	\$ 3.281.017	\$ 3.281.017
ΔFlujo de Caja Operacional	\$ -	\$1.452.113.017	\$1.452.113.017	\$1.452.113.017
ΔInversión	-\$4.508.000	\$ -	\$ -	\$ -
ΔFlujo de Capitales	-\$4.508.000	\$ -	\$ -	\$ -
<b>ΔFlujo de Caja Social</b>	<b>\$ -4.508.000</b>	<b>\$1.452.113.017</b>	<b>\$1.452.113.017</b>	<b>\$1.452.113.017</b>

Tabla 26: VAN del análisis social optimista del proyecto.

Fuente: Elaboración Propia.

VAN	\$3.876.060.767,44
-----	--------------------

Tabla 27: Flujo de caja social pesimista para la implementación del modelo de Asignación de Revalidantes y Pruebas en la Unidad de Reválida, comparado con la situación actual.

Fuente: Elaboración Propia.

	<b>Año 0</b>	<b>Año 1</b>	<b>Año 2</b>	<b>Año 3</b>
ΔBeneficios	\$ -	\$ 473.536.000	\$ 473.536.000	\$ 473.536.000
ΔCostos	\$ -	\$ 3.281.017	\$ 3.281.017	\$ 3.281.017
ΔFlujo de Caja Operacional	\$ -	\$ 476.817.017	\$ 476.817.017	\$ 476.817.017
ΔInversión	-\$4.508.000	\$ -	\$ -	\$ -
ΔFlujo de Capitales	-\$4.508.000	\$ -	\$ -	\$ -
<b>ΔFlujo de Caja Social</b>	<b>\$ -4.508.000</b>	<b>\$ 476.817.017</b>	<b>\$ 476.817.017</b>	<b>\$ 476.817.017</b>

Tabla 28: VAN del análisis social pesimista del proyecto.

Fuente: Elaboración Propia.

VAN	\$1.269.082.905,18
-----	--------------------

Analizando estos resultados, se ve que una variación de un 20% de los revalidantes aprobados genera un impacto cercano al 50% del VAN calculado inicialmente, lo cual es un alto impacto, pero se encuentra que, si al menos se genera que un solo revalidante más que la situación actual apruebe el examen, el VAN es positivo, lo que da la tranquilidad que el proyecto tiene un impacto social positivo incluso si generara aún menos revalidantes aprobados que los estudiados.

#### **6.4. Discusión de Supuestos y Resultados**

El análisis realizado utiliza los datos de la cantidad de revalidantes que egresan o generan acta, lo que quiere decir, que terminan el proceso. Estos datos son obtenidos de la Hoja Madre de la Unidad de Reválida y permiten comparar la cantidad de actas que se generaban 4 meses antes de la puesta en marcha del modelo de Asignación de Revalidantes y Pruebas, y los 4 meses operativos de este, resultados que fueron entregados anteriormente.

Si bien esto permite generar una medición real del impacto en la productividad que ha tenido el modelo, queda pendiente la comparación entre el uso de los espacios disponibles para la asignación de pruebas, como también entre el tiempo promedio de permanencia en el sistema, ambos analizando antes y después de la implementación del modelo. Por desgracia, no fue posible llevar a cabo estos análisis debido a que la manera en que eran almacenados los datos no permitió obtener, para todos los revalidantes, la fecha exacta en que entraron al proceso, como tampoco la disponibilidad real que se tenía de los centros de simulación, sumado a que la cantidad de pruebas que se toman al día ha aumentado considerablemente a medida que han pasado los meses, llegando a cerca del doble de las tomadas durante mediados del 2020.

## CAPITULO 7: CONCLUSIONES

---

El explosivo crecimiento en la cantidad de revalidantes que rinden el examen EUNACOM ha generado nuevos desafíos para la Unidad de Reválida de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile en cuanto a la organización y el calendario en que se rinde este examen, y la acotada disponibilidad de los centros de simulación con que se cuenta. Además, debido al Estallido Social del 2019 y la pandemia del Covid-19 durante los años 2020 y 2021, han quedado revalidantes con su proceso pendiente, ante lo cual se han habilitado a rendir de manera virtual bajo ciertas restricciones que ha definido ASOFAMECH, lo que ha supuesto una nueva arista a la organización de este mismo generando un nuevo proceso exclusivo para esta modalidad.

La Unidad de Reválida ha realizado el calendario de actividades de manera manual hasta el momento en que se presentó el proyecto, por lo que se tuvo que generar un rediseño de los procesos de calendarización de las actividades, a través de la metodología de Ingeniería de Negocios fue posible identificar el problema a dar solución, los procesos involucrados y determinar el rediseño de procesos adecuado que incorpore la solución diseñada, la cual contempla el desarrollo de dos modelos de optimización, los cuales asignan un calendario semestral, y el otro genera calendarizaciones dependiendo del avance de los revalidantes en el proceso.

El primero de los modelos genera un calendario semestral que maximiza la cantidad de revalidantes que pueden ser aceptados dentro de un semestre académico de 16 semanas, y permite igualar las condiciones de rendición de los revalidantes, respetando las semanas de espaciamento entre las pruebas y asignando a nivel del horario en que se rinden las 4 especialidades por las que estos deben pasar.

El segundo modelo examina las especialidades pendientes por parte de los revalidantes y genera un calendario de tal manera que se generen egresos (que los revalidantes completen todas sus especialidades pendientes) lo más pronto posible, y en la menor cantidad de pruebas.

Los resultados de la operación del segundo modelo generaron un aumento en los egresos mensuales en un 63,8% durante los meses de mayo, junio, julio y agosto del 2021, los que además generaron una mejor utilización de los centros de simulación.

Este proyecto fue evaluado económicamente tanto en el impacto privado hacia la Unidad de Reválida, como el impacto social que generan los médicos que quedan habilitados para ejercer en la sociedad chilena, donde se ha conseguido que sea rentable en ambas situaciones, asumiendo

que los modelos pueden ser utilizados por un plazo de 3 años. En cuanto a este análisis, no fue posible realizar un análisis del impacto que se tiene en la utilización de los centros de simulación, debido a que la información no fue almacenada de manera constante, ni de la misma manera. Debido a esto, tampoco fue posible generar un indicador del tiempo de permanencia de los revalidantes en el proceso, el cual podría haber sido utilizado para medir el impacto del modelo de asignación de revalidantes. Pero, debido a los últimos cambios realizados en la base de datos, y la información generada por el modelo, será posible calcular este indicador en el futuro.

Finalmente, este trabajo presenta soluciones factibles para los subproblemas presentados, pero estos están sujetos a cambios que pueda tener el proceso de revalidación de título de médicos extranjeros como, por ejemplo, en la cantidad de semanas que considera el semestre, o cómo se almacenarán, en el futuro, los datos de las pruebas pendientes de los revalidantes, lo que afectaría notoriamente a las soluciones planteadas y generarían la necesidad de realizar cambios profundos en la formulación de estas.

## CAPITULO 8: BIBLIGRAFÍA

---

1. Barros, O. (2015). *Ingeniería de Negocios: Diseño Integrado de Servicios, sus Procesos y Apoyo TI*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/>
2. Bertsimas, D., & Tsitsiklis, J. N. (1997). *Introduction to linear optimization* (Vol. 6). Athena Scientific Belmont, MA.
3. Brucker, P. (2007). Classification of scheduling problems. *Scheduling Algorithms*, 1-10.
4. Burke, E., Jackson, K., Kingston, J. H., & Weare, R. (1997). Automated university timetabling: The state of the art. *The computer journal*, 40(9), 565-571.
5. Calleja, G., Olivella, J., & Vilà, M. (2019). Operations research and emergent technologies. In *Management Science* (pp. 183-197). Springer.
6. Carter, M. W., Laporte, G., & Lee, S. Y. (1996). Examination timetabling: Algorithmic strategies and applications. *Journal of the operational research society*, 47(3), 373-383.
7. Chevallier, A. (2016). *Strategic thinking in complex problem solving* [doi:10.1093/acprof:oso/9780190463908.001.0001]. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780190463908.001.0001>
8. Colegio Médico de Chile. (2020). *Análisis de Fundación América Transparente: Solo el 6% de los médicos con jornada completa gana más de 5.4 millones*. COLMED. Retrieved 30/08/2021 from
9. de Werra, D. (1985). An introduction to timetabling. *European journal of operational research*, 19(2), 151-162.
10. Decreto de Salud No. 8 de 2009, DS 8/2009. (2009). In *Reglamento que establece los criterios generales y disposiciones sobre exigencia, aplicación, evaluación y puntuación mínima para el diseño y aplicación del examen único nacional de conocimientos de medicina*: MINSAL.
11. den Hertog, D., & Postek, K. (2016). Bridging the gap between predictive and prescriptive analytics-new optimization methodology needed. *Tilburg Univ., Tilburg, The Netherlands*.
12. Dr. Octavio Enríquez Lorca. (2013). *Reseña histórica de ASOFAMECH*.
13. EUNACOM. (2021). *EUNACOM*. Retrieved 21 de abril de 2021 from
14. Gallo, G. (2004). Operations research and ethics: Responsibility, sharing and cooperation. *European Journal of Operational Research*, 153(2), 468-476.
15. Glosa 01, letra i. Ley de Presupuestos Año 2017. (2017). In D. d. P. ó. y. C. d. G. d. RHS (Ed.), *Informe sobre Brechas de Personal de Salud por Servicio de Salud*, : MINSAL.

16. Hax, A., & Wilde, D. L. (2003). El Modelo Delta-Un Nuevo Marco Estratégico. *Journal of Strategic Management Education*, 1-14.
17. Hillier, F. S., & Lieberman, G. J. (2002). *Investigación de operaciones*. McGraw-Hill/Interamericana Editores, SA.
18. *INFORMS: Operations research & analytics*. (2021). Retrieved 26 de Agosto del 2021 from <https://www.informs.org/Explore/Operations-Research-Analytics>
19. Kunakov Pérez, N., & Bozzo Navarrete, S. (2015). La revalidación práctica del título de médico cirujano a través de un método estandarizado. Experiencia de la Universidad de Chile. *Revista Medica de Chile*.
20. Lepenioti, K., Bousdekis, A., Apostolou, D., & Mentzas, G. (2020). Prescriptive analytics: Literature review and research challenges. *International Journal of Information Management*, 50, 57-70.
21. Litvak, J., & González, J. C. (2003). Revalidación de títulos extranjeros en Chile. *Calidad en la Educación*(19), 121-131.
22. Monks, T. (2015). Operational research as implementation science: definitions, challenges and research priorities. *Implementation Science*, 11(1), 1-10.
23. Montenegro Ortiz, Y. (2018). *Monitoreo y retroalimentación de unidades académicas basado*
24. *en eficiencia Universidad de Chile*]. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/175798>.
25. Nuñez Castañeda, N. (2018). *Evaluación del desempeño de los académicos de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile* Universidad de Chile]. <http://repositorio.uchile.cl/handle/2250/164011>.
26. Osterwalder, A. (2011). Modelo Canvas. *Barcelona: Deusto SA Ediciones*.
27. Papadimitriou, C. H., & Steiglitz, K. (1998). *Combinatorial optimization: algorithms and complexity*. Courier Corporation.
28. Petrovic, S., & Burke, E. K. (2004). University Timetabling. In: Citeseer.
29. Pillay, N. (2014). A survey of school timetabling research. *Annals of Operations Research*, 218(1), 261-293.
30. Pochiraju, B., & Seshadri, S. (2019). *Essentials of Business Analytics: An Introduction to the Methodology and Its Applications* (Vol. 264). Springer.
31. QS World University Rankings. (2021). *QS Latin America University Rankings 2021*, Retrieved 23 de abril de 2021 from
32. Schaerf, A. (1999). A survey of automated timetabling. *Artificial intelligence review*, 13(2), 87-127.

33. Singh, S., Dubey, G., & Shrivastava, R. (2012). A comparative analysis of assignment problem. *IOSR Journal of Engineering*, 2(8), 01-15.
34. Universidad de Chile. (2005). *Aprueba reglamento sobre reconocimiento, revalidación y convalidación de títulos profesionales y grados académicos obtenidos en el extranjero*.
35. Universidad de Chile. (2021). *Presentación Institucional*. Retrieved 20 de abril de 2021 from