



**Universidad Nacional Autónoma de México**  
**Programa de Posgrado en Ciencias de la Administración**

**Propuesta de mejora del proceso de administración de donación,  
procuración y trasplante de órganos y tejidos en México**

**T e s i s**

Que para optar por el grado de:

**Maestro en Informática Administrativa**

Presenta:

**Erick Orlando Matla Cruz**

Tutor:

**Dr. Miguel Ehécatl Morales Trujillo**  
**Facultad de Ingeniería**

**Ciudad de México, septiembre de 2017**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## Agradecimientos

Cuando decidí hacer una maestría, una profesora en uno de los cursos propedéuticos para ingresar a la maestría nos dijo “entrarán a la mejor etapa de sus vidas, esto lo hacen porque quieren y será para ustedes, sólo de ustedes, y tenía razón.

Culminar esta etapa no habría sido posible sin el apoyo incondicional de mis padres Margarito Matla y Natividad Cruz. A ellos mi más sincero respeto, admiración y cariño por siempre apoyarme.

A mi hermana Laura que si bien llegó en una caja de huevo a la casa, aun así la quiero y nos apoyamos cuando es necesario.

A mis abuelas quienes siempre velan por mí bien y están al pendiente de mi crecimiento profesional.

A mi tío Jesús, que más que tío ha sido como un segundo padre para mí.

A mis tíos Daniel López y Guadalupe Cruz quienes me han abierto las puertas de su casa como si fuera su hijo.

A mi primo Daniel, con quien comparto más que la afición por un equipo de fútbol y que jamás me ha dejado de brindar su consejo y apoyo.

A mi familia por la confianza depositada en mí y los buenos y malos momentos compartidos.

A mi tutor Miguel Morales quien desde que me conoció como alumno en “Ingeniería de Software” confió en mis capacidades y me ha motivado a crecer profesionalmente.

A cada uno de mis sinodales quienes apoyaron en la revisión de este trabajo y que sus comentarios permitieron generar un mejor producto final.

A Mario Piattini, quien me permitió vivir la mejor experiencia de mi vida (hasta el momento) al recibirme en Ciudad Real para hacer una estancia de investigación.

A Amparo López y Gerardo Avilés quienes me dieron la oportunidad de trabajar a su lado como ayudante de sus cursos en la Facultad de Ciencias.

A René Villeda quién en alguna ocasión dijo “chavos, si hacen una maestría háganla en administración” (consejo seguido).

A David Velázquez quien además de ser mi jefe, se ha convertido en un amigo y me brindó todas las facilidades para poder llevar a buen término este reto.

A mis amigos, porque de todos he recibido apoyo y consejo para alcanzar las metas que me he trazado.

Finalmente a la UNAM, en especial a la Facultad de Medicina de quién he recibido todo el apoyo para superarme académica y profesionalmente.

*“I don't have dreams, I have goals.”*

*Harvey Specter*

## Tabla de contenido

1. Introducción .....	7
2. Antecedentes.....	10
2.1 Conceptos Básicos.....	11
2.2 Donación y Trasplantes en México .....	12
2.3 Instituciones y dependencias involucradas en México .....	14
2.4 Trasplantes en el resto del mundo .....	15
2.5 Tecnología involucrada en el proceso de donación y trasplantes. ....	16
3. Metodología.....	18
3.1 Metodologías de desarrollo de software.....	18
3.1.1 Proceso unificado .....	18
3.1.2 ISO/IEC 29110.....	19
3.1.3 SCRUM.....	20
3.2 Metodologías de investigación en Ingeniería de Software .....	20
3.2.1 Estudios de caso .....	21
En (Runeson, Höst, Rainer, & Regnell, 2012) se hace notar que los estudios de caso en Ingeniería de Software difieren de los estudios de caso sociales, en particular en: .....	21
3.2.2 Investigación de acción (IA).....	21
3.2.3 Investigación de acción técnica (IAT) .....	22
4. Proceso actual .....	24
4.1 Contexto .....	24
4.2 Actores y actividades principales .....	25
4.3 Proceso actual.....	27
4.4 Proceso objetivo.....	30
4.4.1 Bancos.....	38
4.4.2 Aduanas.....	40
4.4.3 Asignación .....	42
4.5 Oportunidades de mejora .....	44
5. Propuesta de Mejora.....	45
5.1 Actividades susceptibles a ser sistematizadas.....	46
5.2 Integridad de la información .....	47

5.3	Seguridad de los datos.....	47
5.4	Gobernabilidad electrónica en el proceso de trasplantes y donación de órganos en México.....	49
5.5	Análisis de riesgos .....	53
5.6	Control de cambios .....	54
5.7	Investigación de Acción Técnica (IA Técnica).....	58
5.8	Proceso propuesto .....	58
5.9	Análisis de requerimientos .....	59
5.9.1	Administración de Establecimientos .....	60
5.9.2	Profesionales de la Salud .....	60
5.9.3	Importación de Tejidos .....	61
5.9.4	Licencias.....	61
5.9.5	Donantes .....	61
5.9.6	Receptores .....	64
5.10	Modelado de procesos por usuario del sistema.....	64
5.10.1	Modelo COFEPRIS – CENATRA – Responsable Sanitario (Establecimiento).....	65
5.10.2	Modelo Paciente – Coordinador Hospitalario de donación (Establecimiento) – Comité Interno.....	67
5.10.3	Modelo Donante – Responsable (Establecimiento) – Comité Interno	69
5.10.4	Donante – Familiares – Responsable (Establecimiento) – Comité Interno (Establecimiento).....	71
5.11	Modelo de la base de datos.....	73
5.12	Planeación .....	77
5.13	Diseño.....	77
5.14	Construcción .....	86
5.15	Pruebas.....	89
5.16	Liberación .....	90
5.16.1	Servicios Web.....	90
6.	Verificación y validación de la propuesta .....	91
6.1	Oportunidades de mejora atendidas .....	91
6.1.1	Establecimientos.....	92
6.1.2	Licencias.....	92

6.1.3	Profesionales de la salud.....	92
6.1.4	Receptores .....	93
6.1.5	Servicios web.....	93
6.1.6	Notificación de errores en licencias y/o datos de establecimientos ...	93
6.1.7	Aviso de vencimiento de licencias .....	93
6.1.8	Vigencia de comités internos de establecimiento .....	94
6.1.9	Control de responsables sanitarios de traslado en aduanas .....	94
6.1.10	Aplicación móvil para registro de donantes voluntarios.....	94
6.2	Verificación y validación .....	94
6.2.1	Verificación interna con el equipo de desarrollo .....	95
6.2.2	Validación con CENATRA .....	95
6.2.3	Validación del ambiente de implementación con DGTI .....	97
6.2.4	Verificación y validación de información con COFEPRIS .....	97
6.2.5	Validación con el patrocinador del proyecto .....	97
6.3	Resultados y mejoras esperadas .....	98
6.3.1	Integridad de la información.....	98
6.3.2	Seguridad y control de accesos.....	98
6.3.3	Reducción de tiempos .....	99
6.3.4	Control de donantes voluntarios .....	99
6.3.5	Asignación de órganos .....	99
6.3.4	Problemáticas identificadas durante los ciclos de ingeniería IAT ....	100
6.4	Limitantes.....	100
7.	Conclusiones y trabajo futuro .....	102
Anexo I	– Detalle de riesgos identificados.....	104
AI.1	Problemas en el entendimiento de los requerimientos .....	104
AI.2	Retraso en la liberación del ambiente de producción.....	105
AI.3	Cambios posteriores a la entrega.....	106
AI.4	Problemas de cooperación, coordinación y/o comunicación entre entidades .....	107
AI.5	No contar con los servicios web .....	108
AI.6	Falta de tiempo.....	109
AI.7	Cambio en el alcance del proyecto .....	110
AI.8	Fallas de funcionalidades liberadas durante el desarrollo .....	111

Al.9 Migración de datos existentes .....	112
Al.10 Administración del cambio .....	113
Anexo II – Casos de uso identificados.....	114
Anexo III – Acrónimos .....	116
Referencias .....	117



# 1. Introducción

A lo largo de la historia, el ser humano ha buscado mejorar su calidad de vida y longevidad mediante avances científicos, médicos y tecnológicos. Derivada de esta motivación es que se desarrolla y consolida desde hace 65 años (Salud, Programa de Acción: Trasplantes, 2001) el proceso de trasplantes de órganos, que permite mejorar la calidad de vida de un gran número de pacientes alrededor del mundo. Dicho proceso está presente en múltiples países, son numerosas las instituciones y especialidades médicas así como el personal multidisciplinario que participa en él.

Sin embargo, este proceso médico también involucra solidaridad, generosidad, voluntad, ética y transparencia de y para la sociedad, ya que es un acto que permite salvar vidas y crear esperanza de vida para personas que ya la habían perdido.

En México, el Centro Nacional de Trasplantes (CENATRA) es la institución que regula la demanda social e infraestructura hospitalaria para llevar a cabo esta labor (Salud, 2001). Entre las principales funciones del CENATRA están (Salud, Programa de Acción: Trasplantes, 2001):

- Ejercer la regulación y el control sanitario.
- Fomentar la cultura de la donación de órganos y tejidos.
- Realizar el registro de establecimientos, profesionales, donaciones, receptores, trasplantes realizados y su evolución.

Como en toda actividad compleja, existen problemáticas que afectan el proceso de procuración, donación y trasplante de órganos y tejidos, entre ellas destacan: la pobre cultura sobre el tema, la existencia de trámites burocráticos detrás del proceso práctico, la poca transparencia de los procesos de asignación desde la perspectiva de la población y la ausencia de aplicaciones tecnológicas que permitan automatizar el proceso.

En este contexto, el presente trabajo aborda los procesos de procuración, donación y trasplantes de órganos y tejidos en nuestro país desde el punto de vista administrativo y de control de las actividades que se deben realizar para lograr un proceso exitoso, con el objetivo de proponer una solución de TI basada en un

sistema de software y bases de datos, sea posible administrar las actividades que se realizan en este complejo proceso.

Entre las actividades principales involucradas en el proceso de donación y trasplantes destacan, por ejemplo: la etapa de registro de donantes y receptores, la obtención y asignación de órganos y tejidos, y la logística del traslado de éstos al establecimiento en el que se llevará a cabo el trasplante, entre otros.

El desarrollo de la investigación incluida en este trabajo, está guiado por el proceso de Investigación Acción Técnica (IAT) (Wieringa & Morali, Technical action research as a validation method in information systems design science., 2012) (Wieringa, Empirical research methods for technology validation: , 2014). Esta técnica de investigación, permite crear “artefectos” que son probados en problemas reales. Posteriormente, las condiciones del problema son escaladas hasta obtener un artefacto que pueda ser probado en una organización para resolver un problema concreto de ésta.

Lo anterior se lleva a cabo a través de ciclos de ingeniería mediante los cuales se busca que el investigador desarrolla el artefacto adquiera conocimiento y el cliente solucione su problema. En un ciclo de ingeniería se identifican cuatro actividades (Genero Bocco, Cruz-Lemus, & Piattini Velthuis, 2014):

1. Investigación del problema.
2. Diseño del tratamiento.
3. Validación del diseño.
4. Implementación del tratamiento y evaluación.

En este caso, el artefacto, de acuerdo con IAT, es un sistema de software construido por una metodología de desarrollo de software basada en el Proceso Unificado (Kruchten, 2003) y en la ISO/IEC 29110.

Esta metodología de desarrollo de software está compuesta por seis etapas, entre paréntesis se indica su fase análoga en el proceso de desarrollo de soluciones de TI:

1. Entendimiento y análisis del proceso de procuración de órganos (Análisis de requerimientos).
2. Modelado del proceso de negocio a resolver (Diseño).
3. Propuesta de mejora (Construcción).
4. Verificación de la propuesta (Pruebas)
5. Validación por parte de CENATRA de la propuesta (Liberación).
6. Y una etapa de control que se llevará a cabo de manera permanente durante la ejecución del proyecto.

Cada ciclo de ingeniería propuesto por IAT, implica la ejecución de las seis etapas listadas. Siguiendo esta estrategia el artefacto se irá ajustando a las necesidades del cliente, permitirá al investigador descubrir la naturaleza del problema y entender las necesidades del cliente.

En consecuencia a lo anterior, el artefacto resultante se espera que resuelva el problema del cliente y provea un modelo de solución para el nuevo sistema informático del registro nacional de trasplantes (SIRNT).

Este trabajo se organiza de la siguiente manera, en el capítulo 2 se presentan los antecedentes de esta actividad. En el capítulo 3 se detalla el contexto interno con los problemas sociales derivados de la poca oferta de órganos para trasplante. El capítulo 4 presenta una propuesta de mejora para el control de los donantes, asignación, traslado y trasplante de órganos. El capítulo 5 permite verificar y validar el plan propuesto en el capítulo 4. Finalmente, el capítulo 6 presenta las conclusiones y trabajo futuro.

## 2. Antecedentes

A principios del siglo XIX se realizaron los primeros trasplantes de categoría científica gracias a los avances en las técnicas quirúrgicas y de sutura de los doctores Jaboulay, Murphy y Payr, perfeccionadas por el Dr. Alexis Carrel. Así, en 1902 Carrel extrae el riñón de un perro implantádoselo en el cuello y observando cómo se reestablecía la circulación del mismo (Lola Andreu Periz, 2004).

No es de extrañar que los primeros experimentos sobre el tema hayan sido únicamente en animales, ya que la cultura e ideas de esa época no permitían margen de maniobra para los científicos. Además resultaba arriesgado ya que la supervivencia del receptor se limitaba a minutos o, en casos excepcionales, horas.

La segunda guerra mundial fue otro obstáculo que los científicos tuvieron que sortear debido a que durante el transcurso de ésta, la investigación prácticamente se detuvo. Sin embargo durante este periodo se definió un camino a seguir y éste era el del trasplante renal. En 1947 se llevó a cabo, en el hospital Peter Bent Bigham de Boston, Estados Unidos de América (EUA), el primer trasplante renal con supervivencia del receptor, aun así, los médicos asociaron el éxito de la intervención a la recuperación de la función de los riñones del paciente trasplantado y no al trasplante mismo; más allá de la conclusión del cuerpo médico, este evento sirvió como motivación para que los investigadores del área siguieran con las pruebas de trasplantes.

EUA, Canadá, Francia y Gran Bretaña impulsaron a sus científicos a incursionar en el área, pero las pruebas fallidas seguían apareciendo. No es claro quién fue el autor de la hipótesis de la compatibilidad genética para lograr el éxito en los trasplantes (Lola Andreu Periz, 2004), dicha hipótesis nació a través de intentos fallidos entre animales y humanos, mismos que llevaron a los científicos a cambiar el sentido de las investigaciones. Tras esto, lo importante ya no era la intervención quirúrgica, ya que las técnicas, si bien no eran como las actuales, si se habían perfeccionado y mejorado, ahora lo importante recayó en encontrar el factor de éxito o fracaso del trasplante.

Es en 1954 que nuevamente en el hospital Peter Bent Brigham se llevó a cabo el primer trasplante entre hermanos gemelos, los doctores Merrill, Mureria y Harrison logran un trasplante de riñón que permitió al receptor continuar su vida normal. Este evento permitió validar la hipótesis que se había planteado años antes, el hecho de que era requerida compatibilidad genética para poder lograr un trasplante. En el área inmunológica, es en los años ochenta con el uso de nuevos inmunosupresores que se logra un avance real en la preservación, trasplante y tratamiento pos-cirugía.

## 2.1 Conceptos Básicos

En esta sección se presentan los conceptos fundamentales del proceso de donación y trasplante de acuerdo con lo establecido en la Ley General de Salud, en su título decimocuarto (Donación, trasplantes y pérdida de la vida), artículos 314 y 321 (Unión, Última reforma 16-12-2016). Se define como:

1. **Trasplante:** transferencia de un órgano, tejido o células de una parte del cuerpo a otra, o de un individuo a otro y que se integren al organismo.

Para llevar a cabo un trasplante, intervienen otros elementos como:

2. **Órgano:** entidad morfológica compuesta por la agrupación de tejidos diferentes que concurren al desempeño de los mismos trabajos fisiológicos.
3. **Tejido:** entidad morfológica compuesta por la agrupación de células de la misma naturaleza, ordenadas con regularidad y que desempeñen una misma función.
4. **Procuración:** extracción de un órgano o tejido, su almacenamiento y cuidado hasta su colocación en el cuerpo receptor. Para lograr la misma, se debe cuidar la isquemia que representa el tiempo máximo que puede transcurrir entre la procuración de un órgano y su implante en el receptor.
5. **Donación:** consiste en el consentimiento tácito o expreso de la persona para que, en vida o después de su muerte, su cuerpo o cualquiera de sus componentes se utilicen para trasplantes.

6. **Donador voluntario:** al que tácita o expresamente consiente la disposición de su cuerpo o componentes para su utilización en trasplantes.
7. **Receptor:** persona que recibe para su uso terapéutico un órgano, tejido, células o productos.
8. **Disponente:** aquella persona que conforme a los términos de la ley le corresponde decidir sobre su cuerpo o cualquiera de sus componentes en vida y para después de su muerte.

Existen dos tipos de disponentes:

- **Originarios:** aquella persona que tiene conciencia para decidir sobre sus propios órganos.
  - **Secundarios:** son personas que pueden decidir sobre los órganos de alguien más.
9. **Donantes** son aquellas personas que ya tomaron la decisión de ceder sus órganos, la decisión puede ser tácita o explícita. Para las leyes mexicanas, aquellas decisiones de esta índole tomadas por personas mayores de edad (18 o más años) no podrán ser revocadas por terceros.

Existen distintos tipos de donador:

- **Vivo:** es aquel que decide donar un órgano o un segmento de órgano y que no pone en peligro su vida.
- **Cadavérico:** de manera legal, se considera donador cadavérico a toda aquella persona fallecida que en vida no dejó consentimiento explícito de su oposición para donar.

## 2.2 Donación y Trasplantes en México

México, con respecto a otros países, incorporó de manera temprana los trasplantes a su actividad médica, es el 21 de octubre de 1963 que los doctores Manuel Quijano, Regino Ronces, Federico Ortiz Quezada y Francisco Gómez Mont, realizan el primer trasplante renal de donador vivo en el Centro Médico Nacional del Instituto Mexicano del Seguro Social (IMSS). En 1973 la Secretaria de Salud decide regular

la práctica de los trasplantes en el país a través del Título Décimo del Código Sanitario (CEETRA, 2016) de los Estados Unidos Mexicanos. En 1979 el Dr. Ricardo Sosa realiza el primer trasplante de médula ósea en el Instituto Nacional de Nutrición.

En 1984 se crea del Registro Nacional de Trasplantes (RNT), organismo responsable de (Salud, Programa de Acción: Trasplantes, 2001):

- Vigilar el apego a la normatividad.
- Expedición de licencias sanitarias para el funcionamiento de bancos de órganos, tejidos y células.
- Autorizar el internamiento o salida de órganos, tejidos y células del país.
- Contabilizar las disposiciones hechas y los trasplantes realizados.
- Llevar el registro de los pacientes en espera de trasplante de órganos cadavéricos.

En el mismo año, se establecen en el Título decimocuarto de la Ley General de Salud (Salud, Secretaría de Salud, 2016) las disposiciones para el Control Sanitario de la Disposición de Órganos, Tejidos, Células y Cadáveres de Seres Humanos y en septiembre de 1985 se crea el reglamento del mismo.

Posteriormente, en 1987 los doctores Héctor Díliz y Héctor Orozco llevan a cabo el primer trasplante de hígado en el país en el Instituto Nacional de Nutrición, en el mismo año, los doctores Díliz y Valdés realizan el primer trasplante de páncreas y el Dr. Arturo Dib Kuri realiza el primer trasplante de páncreas-riñón. Un año después, el Dr. Rubén Argüero Sánchez realiza el primer trasplante cardiaco en el Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias y meses más tarde el Dr. Jaime Villalba y el Dr. Patricio Santillán llevan a cabo el primer trasplante de pulmón del país y en Latinoamérica.

El 19 de enero de 1999 por acuerdo presidencial se creó el CENATRA como órgano intersecretarial del sector público federal. El 26 de mayo del 2001 se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF) la reforma a la Ley General de Salud, en su

título XVI, referente a la “Donación, Trasplante y Pérdida de la Vida”, creándose así el CENATRA.

La última modificación federal en materia de trasplantes se publicó en el DOF el día 26 de marzo del 2014 y fue sobre el “Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Trasplantes” (Federacion, 2014).

Un panorama general sobre el número de personas en espera de un órgano en México se muestra en la Tabla 1.

*Tabla 1 Número de pacientes en espera de un riñón al 30 de Abril de 2016.  
Fuente: Registro Nacional de Trasplantes.*

<b>Total Pacientes</b>	<b>Órgano</b>
<b>12 219</b>	Riñón
<b>7 435</b>	Córnea
<b>422</b>	Hígado
<b>51</b>	Corazón
<b>10</b>	Páncreas
<b>9</b>	Riñón – Páncreas
<b>2</b>	Hígado – Riñón
<b>1</b>	Pulmón
<b>1</b>	Corazón - Pulmón

### 2.3 Instituciones y dependencias involucradas en México

Actualmente la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS) junto con el CENTRA y los establecimientos gubernamentales y privados son los encargados del proceso de trasplantes en México.

La COFEPRIS es la institución encargada de otorgar las Licencias sanitarias para los establecimientos que procurarán o trasplantarán los órganos y tejidos, así como para los bancos de órganos, tejidos y células.



Por su parte el CENATRA es el órgano responsable de impulsar y coordinar los procesos desde la donación hasta el trasplante de órganos, tejidos y células, desarrollando el marco regulatorio para favorecer el desempeño de los integrantes del Subsistema Nacional de Donación y Trasplantes, otorgando a los pacientes que así lo requieran una mayor oportunidad, con legalidad y seguridad (Trasplantes C. N., 2016).

## 2.4 Trasplantes en el resto del mundo

Como se mencionó en los antecedentes, los primeros pasos en materia de trasplantes se realizaron en distintos países sobresaliendo Estados Unidos de América, Francia y Gran Bretaña. Actualmente es España uno de los países que en los últimos años ha tenido un aumento exponencial en su actividad de trasplantes de órganos. Al grado que está siendo tomada como modelo a seguir por otros países debido a las premisas sobre las que construyeron la Organización Nacional de Trasplantes (ONT), las cuales se citan a continuación (Trasplantes O. N., 2016):

- **Igualdad:** la Ley de Trasplantes que garantiza que la única forma de recibir o donar un órgano es la vía altruista y que todos tienen el mismo derecho de recibir un órgano sin importar su lugar de residencia o situación personal.
- **Acceso:** las personas que enfrentan un deterioro de alguno de sus órganos cuya única posibilidad de tratamiento sea el trasplante, serán las únicas en podrán ingresar a la lista de espera.
- **Costo:** todo el proceso es gratuito, sin influir la situación económica en la que se encuentre el paciente o donador.
- **Asignación:** los criterios de distribución se basan en los siguientes aspectos:
  1. **Territoriales:** permite que los órganos obtenidos en cierta área o zona sean trasplantados dentro de la misma, disminuyendo el tiempo de isquemia.
  2. **Clínicos:** se contemplan la compatibilidad genética y la gravedad del paciente.

Fuera de España, en Estados Unidos de América existe la Association of Organ Procurement Organizations (AOPO), que es una red encargada de la evaluación y procuración de los órganos de aquellos pacientes a los que se les ha declarado sin vida. Actualmente cuenta con 57 instituciones acreditadas como organizaciones que procuran órganos.

En Sudamérica, Argentina cuenta con el Instituto Nacional Central único Coordinador de Ablación e Implante (INCUCAI), el cual en el año 2002 impulsó, coordinó y financió el desarrollo del Sistema Nacional de Información de Procuración y Trasplante de la República Argentina (SINTRA) que ha permitido controlar el proceso dentro el país y crear alianzas internacionales para el envío y recepción de órganos para trasplante (INCUNCAI, 2016).

## 2.5 Tecnología involucrada en el proceso de donación y trasplantes.

Actualmente el CENATRA cuenta con el Sistema Informático del Registro Nacional de Trasplantes (SRNT) que permite controlar la actividad de trasplantes en materia de donación y trasplante de órganos, tejidos y células que desarrollan los hospitales en todo el país. Este sistema se alimenta de cuatro bases de datos que almacenan información sobre:

- Establecimientos
- Registro de receptores
- Trasplantes
- Donación

A través de este sistema, los profesionales de salud de aquellos hospitales que cuentan con licencia sanitaria para realizar actividades de donación, trasplantes y/o banco de tejidos, actualizan los datos que permiten generar estadísticas nacionales con base en el flujo emitido por su sede (Trasplantes C. N., 2016).

Un caso de éxito a nivel Latinoamérica, al sistematizar el proceso de donación y trasplante es el ya mencionado SINTRA del INCUCAI en Argentina, cuyos principales objetivos fueron:

- Normalizar la actividad de procuración unificando definiciones, variables e indicadores del proceso a nivel nacional.
- Disponer de un Registro Nacional permitiendo que los actores involucrados tengan acceso a la información.
- Registrar la actividad de Procuración a nivel escalonado involucrando instituciones, bancos, listas de espera de manera regional y nacional.
- Disponer de un sistema informático que permita controlar todo el proceso.
- Registrar actividades de trasplante de órganos y tejidos de origen cadavérico como de donantes vivos que permitan dar seguimiento a la evolución de los pacientes y permitan relacionar la información con variables que se consideren relevantes.
- Contar con un Registro de Donantes voluntarios a nivel nacional donde sea fácil localizar mediante una búsqueda a cada uno de ellos y conectándolo a un Registro Internacional de Trasplantes.

Hoy en día, el SINTRA continua con el desarrollo e implementación de nuevas funcionalidades (INCUNCAI, 2016).

A partir de estos antecedentes de tecnología involucrada, este trabajo propondrá una solución basada en TI para mejorar el proceso de administración de donación, procuración y trasplantes en México.

## 3. Metodología

La investigación y el desarrollo de proyectos son actividades que generan conocimiento de manera intensiva. Es por ello que realizar estas actividades de manera ordenada es una constante para los involucrados. Sin embargo, ambas requieren de un esfuerzo considerable al ser de una alta complejidad debido a las características del entorno bajo el cual se llevan a cabo.

Para fines de este trabajo, se eligieron dos metodologías que permitieran guiar la investigación y el desarrollo de la solución. Por una parte fue necesaria la elección de una metodología de investigación que permitiera generar conocimiento dentro del campo de la Ingeniería de Software. Mientras que por otra se requirió guiar el desarrollo de la solución tecnológica a través de una metodología de desarrollo de software

### 3.1 Metodologías de desarrollo de software

La Ingeniería de Software es una disciplina de la ingeniería que comprende todos los aspectos de la producción de software desde las etapas iniciales de la especificación del sistema, hasta el mantenimiento de éste después de que se utiliza (Sommerville, 2005). A lo largo de su existencia, se han definido diversas formas de trabajo que pretenden guiar a los equipos de trabajo a través del proceso de desarrollo del software. En las siguientes subsecciones se presentan aquellas metodologías de desarrollo que influyeron en el desarrollo de esta tesis.

#### 3.1.1 Proceso unificado

Denominado también Proceso Unificado de Rational (RUP por sus siglas en inglés), desarrollado por la empresa "Rational Software" propiedad de IBM (IBM, 2017) y siendo "El proceso unificado" la versión genérica y de dominio público de la metodología. Esta metodología se encuentra dirigida por casos de uso (funcionalidades) y perfila la construcción del software de manera iterativa e incremental.

Es un proceso basado en componentes, esto es, el software que se encuentra en construcción está formado por subconjuntos de funcionalidades (componentes) los

cuales se encuentran interconectados por interfaces bien definidas. Para modelar los sistemas que se pretenden construir a través del PU, se utiliza el Lenguaje Unificado de Modelado (UML por sus siglas en inglés) para detallar todos los esquemas del software a desarrollar. Mediante UML es posible presentar diversas vistas del sistema, lo que facilita su comprensión y desarrollo.

### 3.1.2 ISO/IEC 29110

La ISO/IEC 29110 es un estándar de reciente creación pensado para atender las necesidades y características de las pequeñas organizaciones desarrolladoras de software. Esta norma, en su Perfil Básico (ISO/IEC 29110-5-1-2), define dos procesos fundamentales que toda organización debe cubrir: el de Administración del Proyecto (AP) y el de Implementación del Software (IS).

El proceso de AP tiene como propósito establecer y llevar a cabo de manera sistemática las tareas de un proyecto de implementación de software, que permitan cumplir con los objetivos del proyecto en la calidad, tiempo y costos esperados. Está definido por las siguientes actividades (ISO/IEC Software engineering lifecycle profiles for very small entities (vses) part 5-1-1: Management and engineering guide: generic profile group: Entry profile, 2012):

- Planeación de Proyecto
- Ejecución del Plan de Proyecto
- Evaluación y Control del Proyecto
- Cierre de proyecto

Por otro lado, el proceso de IS tiene como propósito la realización sistemática de las actividades de análisis, diseño, construcción, de integración y pruebas para productos de software, nuevos o modificados, de acuerdo a los requerimientos especificados. Está definido por las siguientes etapas (ISO/IEC Software engineering lifecycle profiles for very small entities (vses) part 5-1-1: Management and engineering guide: generic profile group: Entry profile, 2012):

- Inicio de la Implementación de Software
- Análisis de Requerimientos de Software
- Arquitectura y Diseño de Detallado del Software
- Construcción del Software

- Integración y pruebas del Software
- Entrega de productos

### 3.1.3 SCRUM

SCRUM es una metodología ágil para administrar proyectos. Se centra en las personas, a diferencia de las anteriores que se centran en el proceso, se sustenta en entregas parciales y regulares del producto de software, priorizando el beneficio que aportan al receptor del proyecto.

SCRUM está especialmente indicado para proyectos en entornos complejos, donde se necesita obtener resultados pronto, donde los requisitos son cambiantes o poco definidos, donde la innovación, la competitividad, la flexibilidad y la productividad son fundamentales (Sutherland, 2014).

## 3.2 Metodologías de investigación en Ingeniería de Software

Cualquier organización que desarrolle y mantenga software comparte algunos aspectos en común, por ejemplo:

- Comprender procesos y productos
- Evaluar éxitos y fracasos
- Aprender de las experiencias
- Reutilizar experiencias exitosas (Basili, y otros, 2011)

Por lo anterior, estas organizaciones requieren y generan grandes cantidades de conocimiento de diversos tipos sobre productos, procesos y software así como de las personas involucradas en el desarrollo del mismo (Genero Bocco, Cruz-Lemus, & Piattini Velthuis, 2014).

Este conocimiento es valioso y debería ser recolectado. Pensando en ello, las metodologías de investigación permiten dar orden y estructura al proceso de generación, recolección y tratamiento del conocimiento. En la siguientes subsecciones se presentan aquellas metodologías de investigación que influyeron el desarrollo de esta tesis.

### 3.2.1 Estudios de caso

Un estudio de caso en Ingeniería de Software es una investigación empírica que hace uso de múltiples fuentes de evidencia para investigar una instancia de un fenómeno contemporáneo relacionado con la Ingeniería de Software dentro de su contexto real (Genero Bocco, Cruz-Lemus, & Piattini Velthuis, 2014). Se definen cinco actividades para realizarlo (Runeson, Höst, Rainer, & Regnell, 2012):

- Diseñar y planear el estudio de caso
- Preparar la recogida de los datos
- Recoger los datos
- Analizar e interpretar los datos recogidos
- Informar sobre los resultados obtenidos

En (Runeson, Höst, Rainer, & Regnell, 2012) se hace notar que los estudios de caso en Ingeniería de Software difieren de los estudios de caso sociales, en particular en:

- Se desarrollan en organizaciones privadas encargadas de desarrollar software en lugar de organizaciones públicas que usan software.
- Son organizaciones orientadas a proyectos en lugar de orientadas a funciones.
- Lo que se estudia es conocimiento avanzado efectuado por personas altamente capacitadas en lugar de una actividad rutinaria.

Las fases de un estudio de caso consisten en diseñarlo, recolectar y analizar datos, interpretar los resultados y reportar los hallazgos.

### 3.2.2 Investigación de acción (IA)

La investigación de acción es una forma de investigar de carácter colaborativo que busca unir teoría y práctica entre investigadores y profesionales mediante un proceso de naturaleza cíclica, produciendo nuevos conocimientos útiles en la práctica, que se obtienen mediante el cambio y/o búsqueda de soluciones a situaciones reales que le ocurren a un grupo de profesionales (Avison, Lau, Myers,

& Nielse, 1999). No define un método de investigación concreto, sino una clase de métodos que tienen en común, de acuerdo con (Baskerville, 1999) lo siguiente:

- Orientación a la acción y al cambio
- Focalización en un problema
- Un modelo de proceso “orgánico” que engloba etapas sistemáticas y algunas veces iterativas
- Colaboración entre los participantes

### 3.2.3 Investigación de acción técnica (IAT)

La Investigación de acción técnica, es propuesta como variante de la investigación de acción. Es una fusión entre la ciencia del diseño y la investigación de acción (Wieringa & Morali, Technical action research as a validation method in information systems design science., 2012). En esta metodología se crea un artefacto y se empieza llevando a cabo una prueba de concepto, luego se prueba mediante problemas pequeños en circunstancias ideales, y posteriormente, se escalan las condiciones para resolver problemas más realistas, hasta que puede probarse en organizaciones para resolver problemas concretos (Genero Bocco, Cruz-Lemus, & Piattini Velthuis, 2014). Cada uno de estos pasos conforma un ciclo de ingeniería.

En particular, para este proyecto se eligieron el Proceso Unificado y la ISO/IEC 29110 como metodologías de Ingeniería de Software y la IAT como metodología de investigación en Ingeniería de Software.

Esta investigación buscará responder a la pregunta:

¿Cuáles son los problemas a los que una organización se enfrenta al hacer una reingeniería de procesos que involucra un sistema informático?

Para responder esta pregunta, se efectuaron 8 ciclos de ingeniería siguiendo lo establecido en IAT, Ver Figura 1. Los resultados de cada uno de los ciclos se presentan a lo largo de la descripción de la solución tecnológica propuesta.



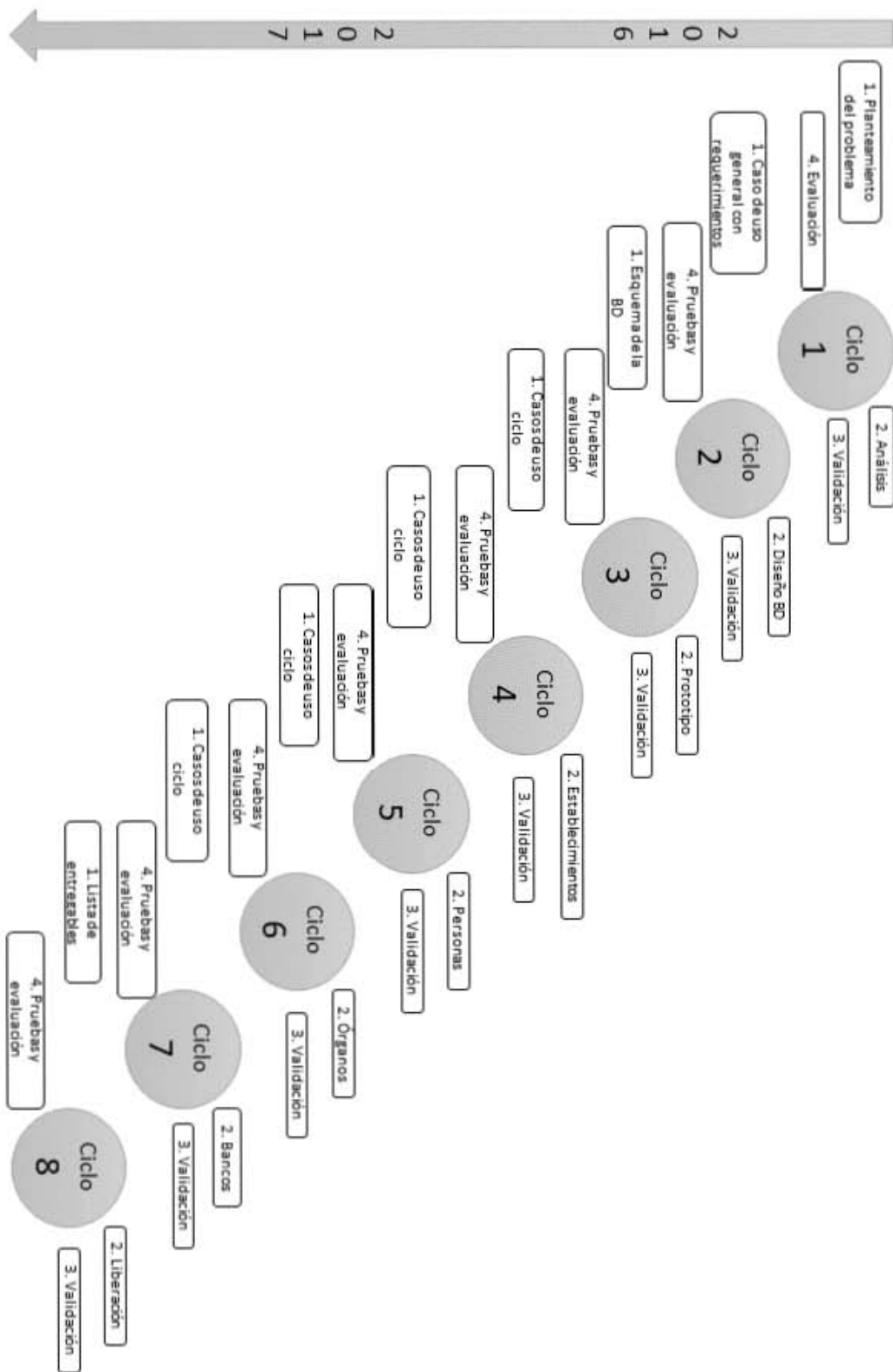


Fig. 1 – Ciclos durante el desarrollo del proyecto siguiendo la Investigación Técnica de Acción.

## 4. Proceso actual

En este capítulo se presenta el contexto en el que hoy en día se da el proceso de donación y procuración de órganos, los actores y entidades participantes, se detalla el proceso actual y finalmente se proponen las posibles mejoras a éste con la intención de que sean incluidas en el nuevo SIRNT.

### 4.1 Contexto

México es un país con una gran necesidad de incrementar la cultura de donación y trasplantes; aspectos culturales, religiosos o mitos han evitado que esta actividad presente una mayor penetración en la sociedad. Cuestiones administrativas y burocráticas también han afectado a esta actividad, los cambios en éste representan en muchas ocasiones un freno parcial o total a los proyectos, ya que en muchas ocasiones se crean nuevas instituciones o se renuevan los procesos administrativos de las existentes, lo que termina siendo perjudicial para las actividades que se venían realizando.

El proceso de donación y trasplantes se rige bajo las disposiciones aplicables en esta materia que en orden de aplicación se mencionan a continuación:

1. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
2. Ley General de Salud (LGS)
3. Reglamento Interior de la Secretaría de Salud
4. Reglamento de la LGS en materia de control sanitario de la disposición de órganos, tejidos y cadáveres de seres humanos.
5. Reglamento de la COFEPRIS
6. Acuerdo que establece los Lineamientos de Asignación y Distribución de Órganos y Tejidos de Cadáveres de Seres Humanos para Trasplante
7. Acuerdo que establece la Integración y Funciones del Consejo Interno del Centro Nacional de Trasplantes de la Secretaría Salud.
8. Legislación Penal

Es de destacar que existe una amplia normatividad sobre el tema, sin embargo esto puede resultar contraproducente en la práctica, ya que una excesiva normatividad complica su cumplimiento. Nótese que un sistema informático podría ayudar mediante la automatización o semi automatización de actividades que cumplan con la normativa solicitada.

## 4.2 Actores y actividades principales

En el proceso de trasplante de órganos, tejidos y células en México participan (Federación, 2011) varios actores, entre los que destacan:

- **Secretaría de Salud:** es la encargada de (i) controlar y vigilar la disposición y los trasplantes de órganos, tejidos y células de seres humanos, por conducto del órgano desconcentrado denominado COFEPRIS.; (ii) establecer y dirigir las políticas en salud en materia de donación, procuración y trasplantes de órganos, tejidos y células, para lo cual se apoyará en el CENATRA, y en el Centro Nacional de la Transfusión Sanguínea; y (iii) llevar a cabo, en coordinación con las instituciones públicas del Sistema Nacional de Salud y con los gobiernos de las entidades federativas, campañas permanentes de concientización sobre la importancia de la donación y los trasplantes.
- **DGIS:** es la encargada de coordinar y normar el proceso de recolección, análisis, difusión y uso de la información en salud en las diferentes instituciones del sector público y privado, que conforman el sector salud.
- **CENATRA:** es la institución que regula la demanda social e infraestructura hospitalaria para llevar a cabo el proceso de donación, procuración, isquemia, selección de receptor y trasplantes y tiene a su cargo la coordinación del Subsistema Nacional de Donación y Trasplantes.
- **COFEPRIS:** es la institución encargada de otorgar las licencias sanitarias para los establecimientos que procurarán o trasplantarán los órganos así como para los bancos de órganos, tejidos y célula.

- **Centros Estatales de Trasplantes (CETras):** trabajan de manera coordinada con el CENATRA en materia de procuración y trasplante de órganos.
- **Establecimientos:** hospitales que cuentan con licencia otorgada por COFEPRIS para procurar o trasplantar órganos.
- **Responsable Sanitario (RS):** médico que deberá asegurar la identidad, pureza y seguridad de los productos y los procesos que se realizan en el establecimiento (COFEPRIS, 2016).
- **Comité Interno para la donación de órganos y tejidos:** es el responsable de hacer la selección del establecimiento de salud que cuente con un programa de trasplante autorizado, al que enviará los órganos, tejidos o células, de conformidad con lo que establece la presente Ley y demás disposiciones jurídicas aplicables.
- **Comité Interno de Trasplantes:** es responsable de hacer la selección de donantes y receptores para trasplante, de conformidad con lo que establece la presente Ley y demás disposiciones jurídicas aplicables.
- **Coordinador Hospitalario de Donación (CHD):** es el médico especialista o general, debidamente capacitado por la Secretaría de Salud que realiza las funciones de procuración de órganos.
- **Donante:** es aquella persona que de manera tácita o expresamente consiente la disposición en vida o para después de su muerte, de su cuerpo, o de sus órganos, tejidos y células, conforme a lo dispuesto por esta Ley y demás disposiciones jurídicas aplicables.
- **Receptor:** es la persona que recibe para su uso terapéutico un órgano, tejido, células o productos.

Nótese la gran cantidad de instituciones que tienen injerencia en el proceso, si bien es necesario seguir tomándolas en cuenta, no se debe perder de vista que los principales beneficiados de la solución que se propondrá en este trabajo deben ser los receptores, donantes y los médicos participantes.

### 4.3 Proceso actual

El proceso general actual del SRNT se divide en 16 actividades e involucra al CENATRA, COFEPRIS y a los responsables sanitarios de los establecimientos. Cabe mencionar que las actividades modeladas corresponden únicamente a una parte del proceso completo de donación y trasplantes en México. Sin embargo, este trabajo se centra en las actividades de registro, donación, procuración y asignación de órganos y/o tejidos. En las Figuras 2 y 3 se muestra la secuencia de las actividades que comprenden el proceso actual.

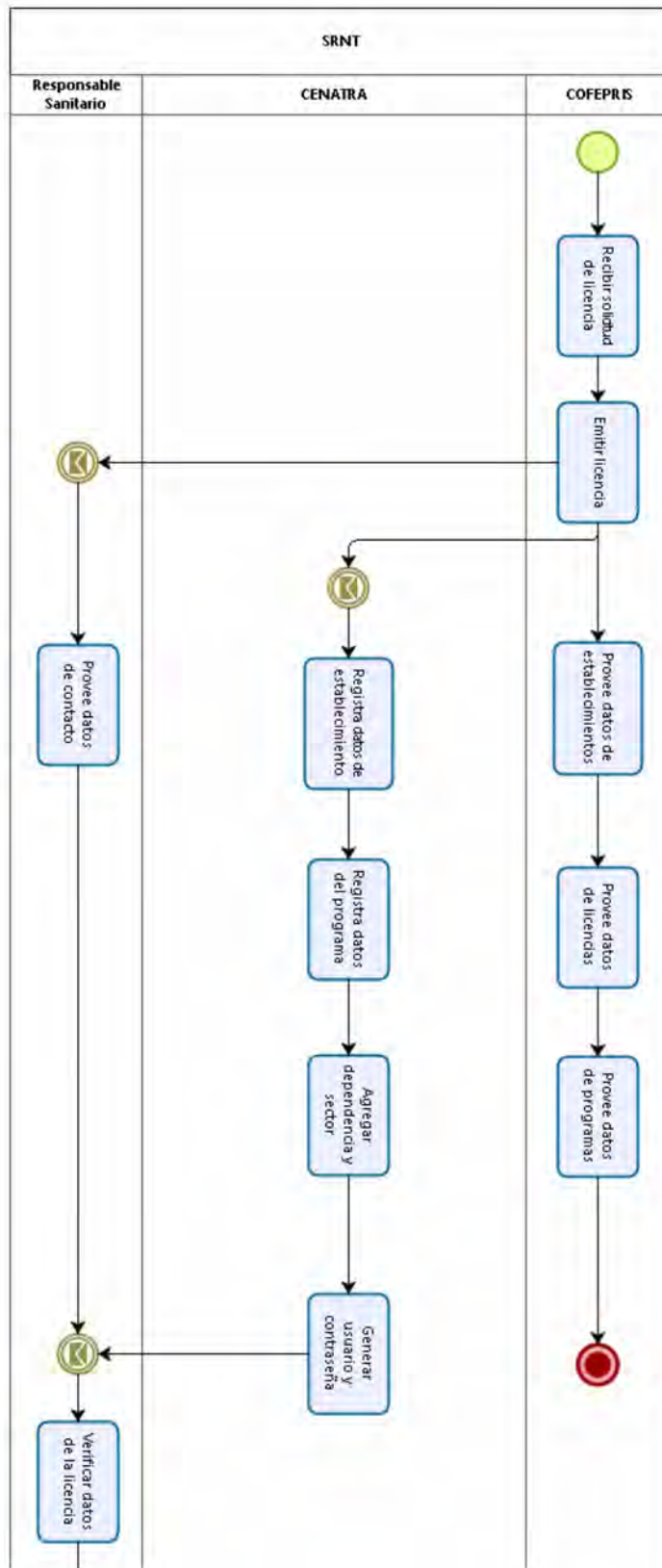


Fig. 2 – Diagrama del proceso de negocio actual del SRNT (Parte 1). Fuente: Elaboración propia.

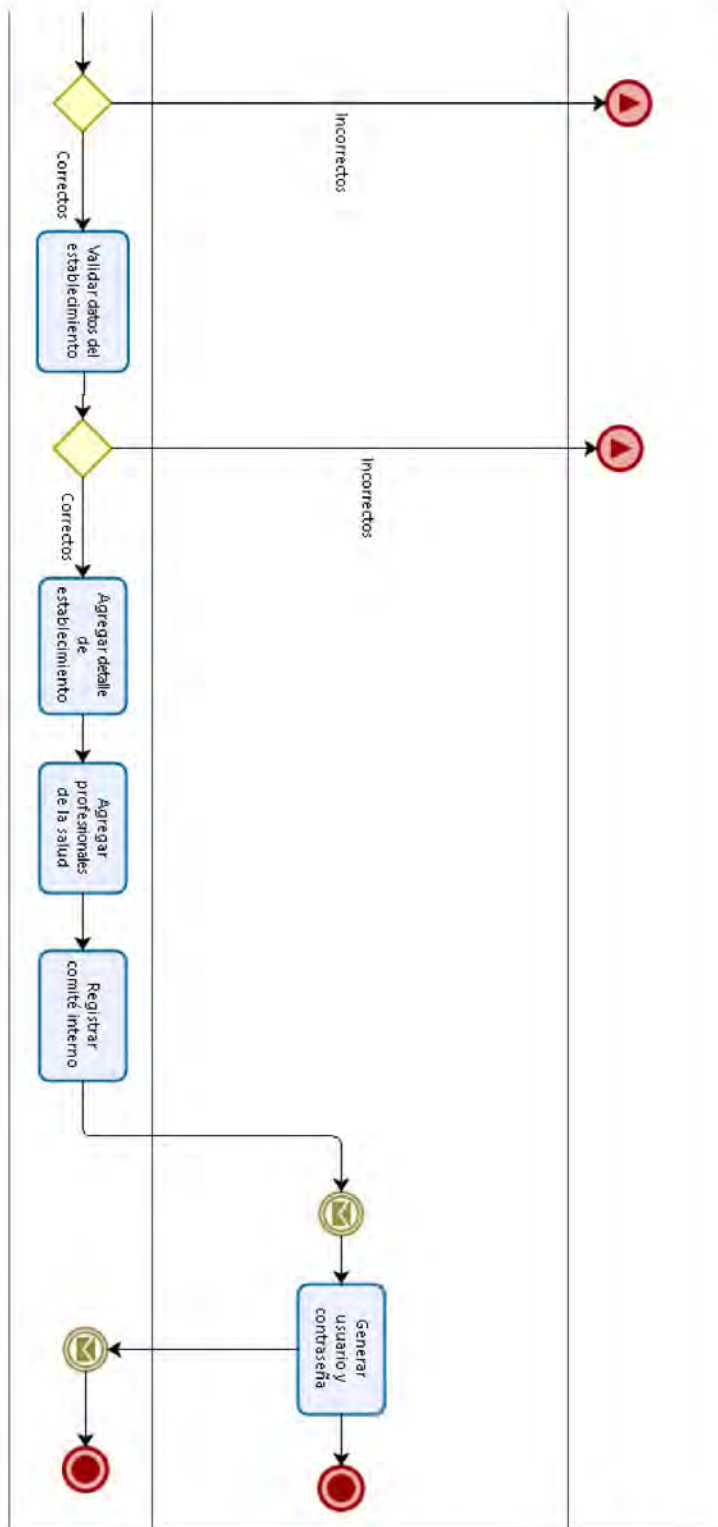


Fig. 3 – Diagrama del proceso de negocio actual del SRNT (Parte 1). Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4 Proceso objetivo

La propuesta del SIRNT, espera cumplir con las oportunidades de mejora detectadas en el proceso actual del SRNT. Además, se busca otorgar mejoras en actividades susceptibles de automatización en busca de mejorar los procesos de control administrativo, de registro de donación y recepción, así como asignación de órganos.

En las Figuras 4, 5 y 6 se muestra el proceso objetivo tras el desarrollo del SIRNT.



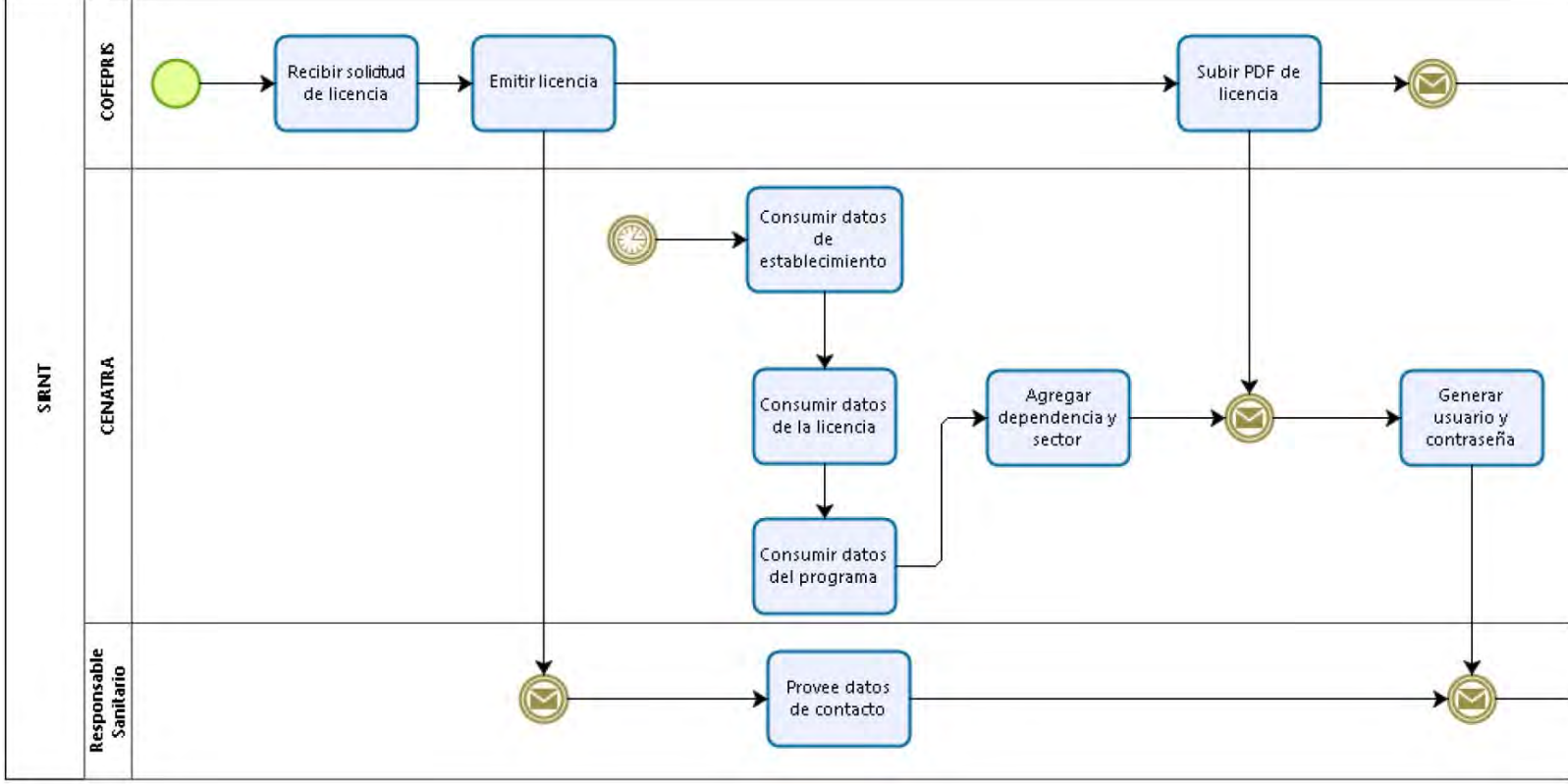


Fig. 4 – Diagrama del proceso objetivo de negocio actual del SIRNT (Parte 1). Fuente: Elaboración propia.

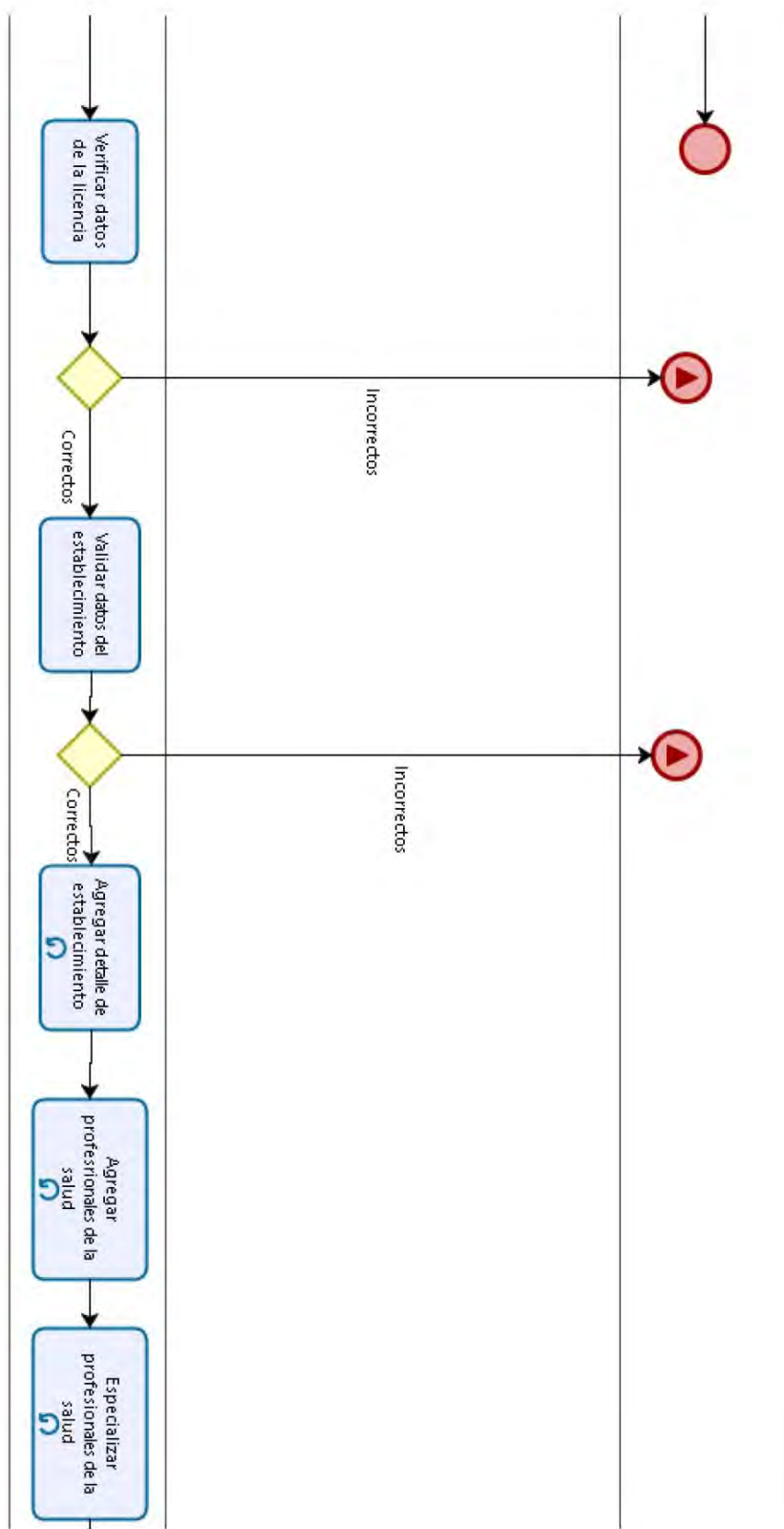


Fig. 5 – Diagrama del proceso objetivo de negocio actual del SIRNT (Parte 2). Fuente: Elaboración propia.

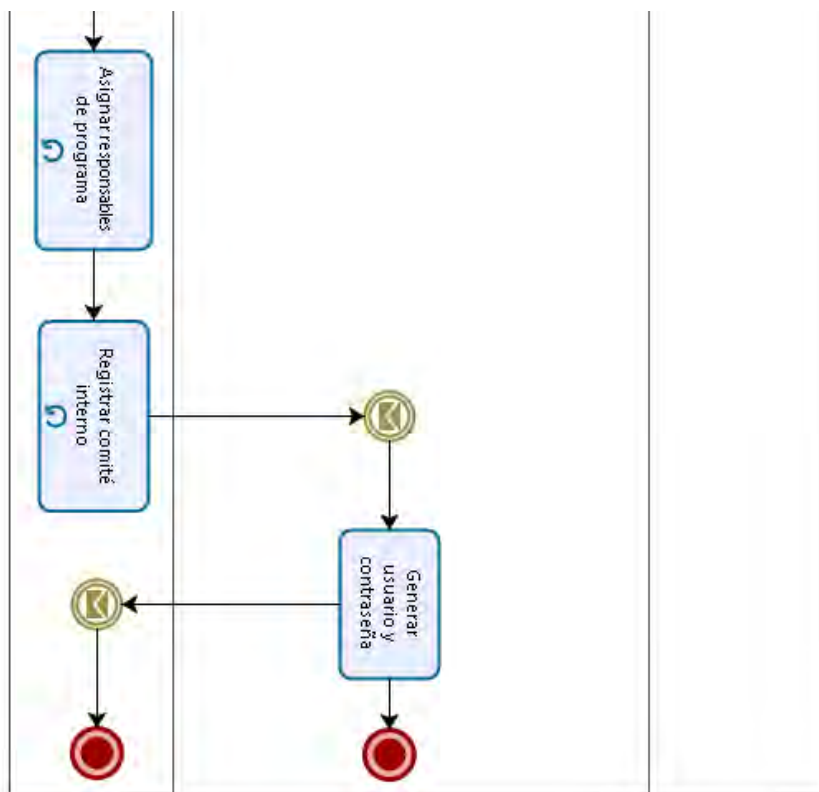


Fig. 6– Diagrama del proceso objetivo de negocio actual del SIRNT (Parte 3). Fuente: Elaboración propia.

El proceso propuesto se puede dividir en 17 actividades las cuales se desglosan a continuación. Además, se detallan oportunidades de mejora en caso de que la actividad en el proceso actual lo permita.

- **Recibir solicitud de licencia:** esta actividad tiene por objetivo recibir una solicitud de un establecimiento que desea convertirse ya sea en: (i) un establecimiento autorizado para extracción y/o trasplantes de órganos, tejidos y células; (ii) en un banco de órganos, tejidos y células; o (iii) en un establecimiento con banco de sangre y servicio de transfusión sanguínea. Ejemplos de los formatos a llenar se encuentran en las Figuras 7 y 8.



HOMOCLAVE		NOMBRE, MODALIDAD Y GUÍA RÁPIDA DE LLENADO			
COFEPRIS-05-034-B		SOLICITUD DE LICENCIA SANITARIA PARA ESTABLECIMIENTO DE ATENCIÓN MÉDICA.			
MODALIDAD.- B. ESTABLECIMIENTO CON DISPOSICIÓN Y/O BANCO DE ÓRGANOS, TEJIDOS Y CÉLULAS.					

FICHA TÉCNICA	FORMATO	PAGO ASOCIADO	FICTA DEL TRÁMITE	FUNDAMENTO LEGAL	
	 		APLICA AFIRMATIVA FICTA	ARTICULOS 315 DE LA LEY GENERAL DE SALUD; 90 FRACCIÓN II DEL REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE SALUD EN MATERIA DE CONTROL SANITARIO DE LA DISPOSICIÓN DE ÓRGANOS, TEJIDOS Y CADAVERES DE SERES HUMANOS	

## CAMPOS A LLENAR DEL FORMATO



## REQUISITOS DOCUMENTALES

- ❖ **PARA EXTRACCIÓN Y/O TRASPLANTES DE ÓRGANOS, TEJIDOS Y CÉLULAS:**
  - » Copia del acta de instalación del Comité interno de trasplantes,
  - » Copia del manual de procedimientos técnico administrativos del establecimiento en materia de extracción o trasplantes (uno por cada programa).
  - » Copia de la licencia sanitaria del establecimiento donde se practican actos quirúrgicos u obstétricos,
  - » Copia de identificación oficial del propietario y en su caso, del representante legal.
- ❖ **PARA BANCOS DE ÓRGANOS, TEJIDOS Y CÉLULAS:**
  - » Copia del manual de procedimientos del banco, y
  - » Copia de identificación oficial del propietario y en su caso, del representante legal

*Fig. 7 – Requisitos para que un Establecimiento pueda solicitar a COFEPRIS autorización para extraer y/o trasplantar órganos, tejidos y células o Banco de Órganos, tejidos y células. Fuente: COFEPRIS.*



HOMOCLAVE		NOMBRE, MODALIDAD Y GUÍA RÁPIDA DE LLENADO			
COFEPRIS-05-034-C		SOLICITUD DE LICENCIA SANITARIA PARA ESTABLECIMIENTO DE ATENCIÓN MÉDICA.			
MODALIDAD C.- ESTABLECIMIENTO CON BANCO DE SANGRE Y SERVICIO DE TRANSFUSIÓN SANGUÍNEA.					

FICHA TÉCNICA	FORMATO	PAGO ASOCIADO	FICTA DEL TRÁMITE	FUNDAMENTO LEGAL	GUÍA AUXILIAR
	 		APLICA AFIRMATIVA FICTA	ARTICULOS 315 FRACCIÓN IV DE LA LEY GENERAL DE SALUD; 90 FRACCIÓNES II Y III DEL REGLAMENTO DE LA LEY GENERAL DE SALUD EN MATERIA DE CONTROL SANITARIO DE LA DISPOSICIÓN DE ÓRGANOS, TEJIDOS Y CADAVERES DE SERES HUMANOS	

## CAMPOS A LLENAR DEL FORMATO



Consulte la guía auxiliar para elaborar el manual de procedimiento, publicada en la página de internet

## REQUISITOS DOCUMENTALES

- ❖ Manual de procedimientos del banco de sangre
- ❖ Copia del aviso de responsable sanitario

*Fig. 8 – Requisitos para que un Establecimiento pueda solicitar a COFEPRIS funcionar como Banco de Sangre y otorgar servicio de transfusión sanguínea. Fuente: COFEPRIS.*

Esta actividad es llevada a cabo por la COFEPRIS y comienza con la solicitud por parte del establecimiento y su responsable sanitario.

- **Emitir licencia:** esta actividad consiste en generar un documento con la/las licencia/s otorgada/s a un establecimiento, COFEPRIS lo emite y envía al establecimiento solicitante. En este caso, se propone que el proceso involucre al CENATRA y también éste tenga acceso a las licencias emitidas.
- **Subir PDF de licencia:** esta actividad tiene como propósito informar al CENATRA por parte del COFEPRIS que una licencia se ha otorgado. Se sugiere que la COFEPRIS ingrese al SIRNT y cargue la licencia emitida en formato PDF.
- **Consumir datos del establecimiento:** esta actividad tiene como propósito poblar la base de datos del SIRNT para saber a qué establecimientos se les ha otorgado una licencia y cuál es el estatus de ésta. En esta sección del proceso existe un área de mejora, ya que la información actualmente es consumida a través de hojas de cálculo enviadas a CENATRA por COFEPRIS, lo que representa un riesgo en la calidad de los datos al provocar redundancia y retrasar las actividades siguientes. Se espera consumir los datos de COFEPRIS de manera automática a través de un servicio web con el fin de mitigar los errores humanos de captura.
- **Consumir datos de la licencia:** durante esta actividad CENATRA liga al establecimiento, previamente registrado, con los programas y/o actividades que llevará a cabo. Esta actividad se hace capturando de manera manual los datos de la licencia que otorgó COFEPRIS. Se implementará que al momento en que COFEPRIS suba la licencia al SIRNT, esta actividad sea efectuada también la asignación comentada por ellos.
- **Consumir datos del programa:** esta actividad tiene como propósito mantener un catálogo de programas que indican qué actividad se lleva a cabo. CENATRA consume los datos de programa enviados por COFEPRIS y debe registrar en su catálogo aquellos que no existan y, de ser necesario, actualizar los existentes. Se propone mejorar esta actividad con la

automatización y unificación de programas, ya que en muchas ocasiones el nombre de la actividad depende del establecimiento en el que se realizará.

- **Agregar dependencia y sector:** en el CENATRA una vez que se han consumido los datos de los establecimientos enviados por COFEPRIS se asignan dos valores dentro del SRNT para cada nuevo establecimiento: dependencia y sector. Debido a que COFEPRIS no requiere estos dos atributos, el CENATRA debe añadirlos de manera manual ya que para el proceso interno ambos indicadores son representativos.
- **Verificar datos de licencia:** esta actividad representa un punto de inflexión del proceso de negocio, en el CENATRA se asigna a una persona para que de manera manual y visual valide que los datos contenidos en la licencia otorgada por COFEPRIS sean consistentes, esto es, que los datos del establecimiento sean correctos y los programas para los cuales se le otorgó la licencia se encuentren registrados. La ejecución de esta actividad puede llevar o no a ejecutar la siguiente actividad.
- **Notificar error (en caso de existir):** Esta actividad también presenta una oportunidad de mejora, ya que actualmente se devuelve la licencia a COFEPRIS y se avisa únicamente vía correo electrónico sobre el caso, lo que vuelve complicada la revisión de la licencia errónea otorgada. Se sugiere avisar vía correo electrónico y notificar vía el SIRNT a la COFEPRIS para que ésta, a su vez, la resuelva directamente con el establecimiento.
- **Proveer datos de contacto:** durante esta actividad, CENATRA busca los datos de contacto para comunicarse con el responsable sanitario del establecimiento, lo cual es una labor que se realiza mediante llamadas telefónicas al establecimiento. Se propone contar con un directorio de profesionales de la salud y establecimientos que deberá ser actualizado por los responsables sanitarios de cada establecimiento a través del SIRNT.
- **Generar usuario y contraseña:** durante esta actividad, el CENATRA genera usuario y contraseña para el responsable sanitario; estos datos son enviados vía correo electrónico dado que ya se cuenta con la información de contacto del mismo.

- **Validar datos del establecimiento:** aquí, el responsable sanitario ingresa por primera vez al sistema y valida que los datos de su establecimiento sean correctos. En caso de encontrar inconsistencias, se comunica con el CENATRA para que este corrija la información en su base de datos. Se propone un mecanismo de comunicación automatizado para facilitar el seguimiento y control de las solicitudes.
- **Agregar detalle del establecimiento:** en esta actividad, el responsable sanitario debe ingresar al sistema y detallar la situación del establecimiento de manera anual. Una serie de indicadores deben ser capturados para que, posteriormente, el CENATRA genere estadísticas.
- **Agregar profesionales de la salud:** en esta actividad el responsable sanitario de un establecimiento registra en el sistema a todos los profesionales de la salud capaces de llevar a cabo alguna actividad autorizada por los programas contenidos en la licencia otorgada por COFEPRIS.
- **Especializar Profesionales de la salud:** durante esta actividad, el responsable sanitario especializa a los profesionales de la salud previamente registrados en el sistema. Esto con el fin de que el CENATRA conozca con qué especialistas se cuenta. Las especializaciones existentes son: cirujano, responsable de traslado y coordinador hospitalario de donación.
- **Asignar responsables de programa:** en esta actividad el responsable sanitario asigna un responsable para cada programa especificado en la licencia otorgada por COFEPRIS a su establecimiento.
- **Registrar comité interno:** durante esta actividad el responsable sanitario de un establecimiento registra quiénes conforman los Comités Internos de su establecimiento. Estos comités son los responsables de decidir a qué receptor se le asignará un órgano que se encuentre disponible en su establecimiento, o en caso de no requerirlo, decidir a qué establecimiento se enviará dicho órgano. Se sugiere generar una sección de alertas que indique que un miembro del comité interno está por expirar en su puesto, con la finalidad de mantenerlos actualizados.

- **Otorgar usuarios y contraseñas:** en esta actividad, el CENATRA otorga usuarios y contraseñas a cada uno de los Profesionales de la Salud registrados para que ingresen al SIRNT

Si bien el proceso que se propone es más amplio, en esta sección se describieron únicamente aquellas cuestiones administrativas que involucran a los establecimientos, a las licencias y a los profesionales de la salud. La ampliación de 16 a 18 actividades se debió a la inclusión de dos actividades de consumo automático de datos entre COFEPRIS Y CENATRA, lo anterior con la intención de reducir esfuerzo e incidencia de errores de captura de datos.

Vale la pena mencionar que las actividades de registro de receptores, donadores voluntarios, bancos de órganos, aduanas y asignación de órganos y/o tejidos a trasplantar, también conformarán la propuesta del SIRNT pero al ser módulos que incluyen datos sensibles, no se detallarán durante el desarrollo de este trabajo. De manera explicativa, en las Figuras 4, 5 y 6, se puede observar un proceso genérico para estas funcionalidades.

#### 4.4.1 Bancos

Durante esta actividad se incluirán a los establecimientos que fungirán como bancos de órganos y/o tejidos, esta acción se llevará a cabo a través del SIRNT de acuerdo a las licencias emitidas por COFEPRIS. El responsable del establecimiento será el encargado de registrar cada órgano o tejido que llegue a almacenarse, para que éste se encuentre disponible en la lista de órganos procurados y pueda asignarse para un trasplante. En la Figura 9 se puede ver el modelo diagramático del proceso.



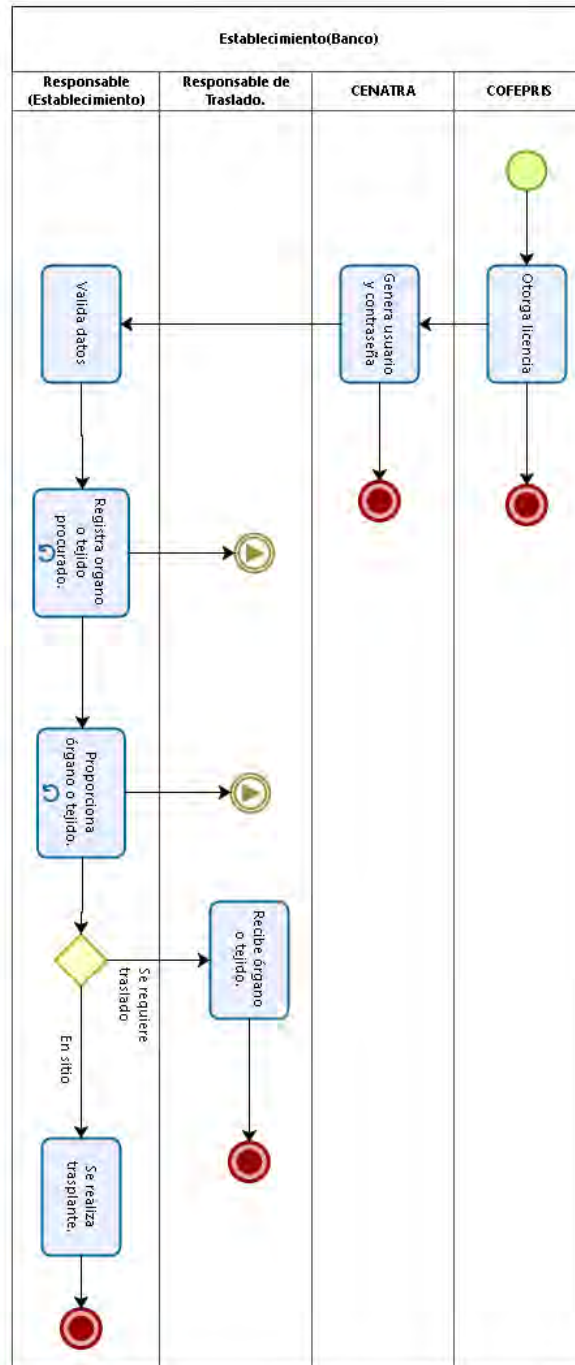


Fig. 9 – Modelo de proceso de Bancos. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.2 Aduanas

Se propone almacenar los datos de los responsables de traslados de cada establecimiento, esto con el fin de agilizar los internamientos. Un internamiento ocurre cuando un RT realiza la importación de tejidos, provenientes de bancos extranjeros a través de una aduana mexicana. En este proceso participan también los responsables de las aduanas, quienes son los encargados de validar el internamiento.

Se sugiere el envío de alertas automáticas vía correo electrónico que informen a los establecimientos si el tejido que han enviado ha llegado a la aduana o bien, se informe si éste ha sido recogido y va camino al establecimiento. Ver Figura 10.

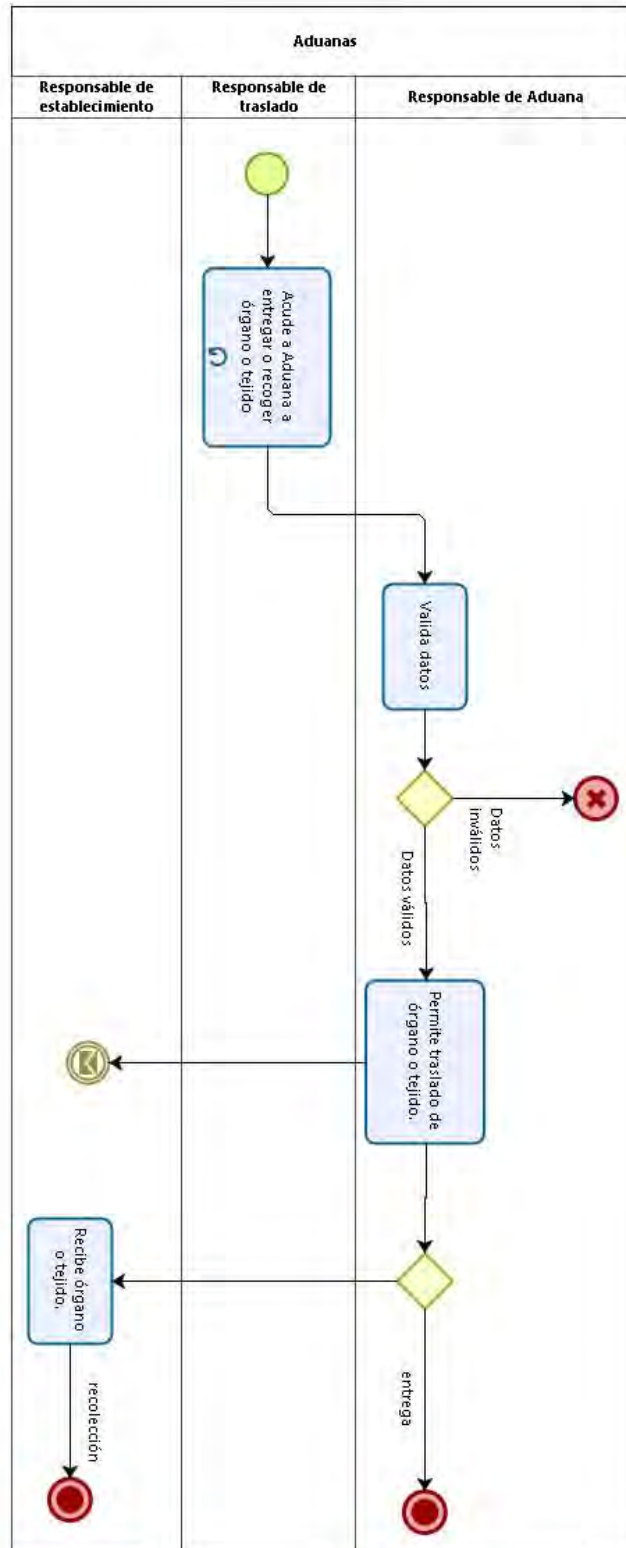


Fig. 10 – Modelo de proceso de Aduanas. Fuente: Elaboración propia.

#### 4.4.3 Asignación

Con el objetivo de tener un proceso transparente y justo, se propone que las asignaciones de los órganos disponibles se asignen vía el SIRNT. Con esto, se busca priorizar la necesidad y urgencia de un órgano, el comité interno participará validando la asignación propuesta por el sistema y, en caso de no aceptarla, se tendrá un registro en el SIRNT de las causas de la negativa, permitiendo realizar una nueva asignación. El diagrama del proceso se muestra en la Figura 11.

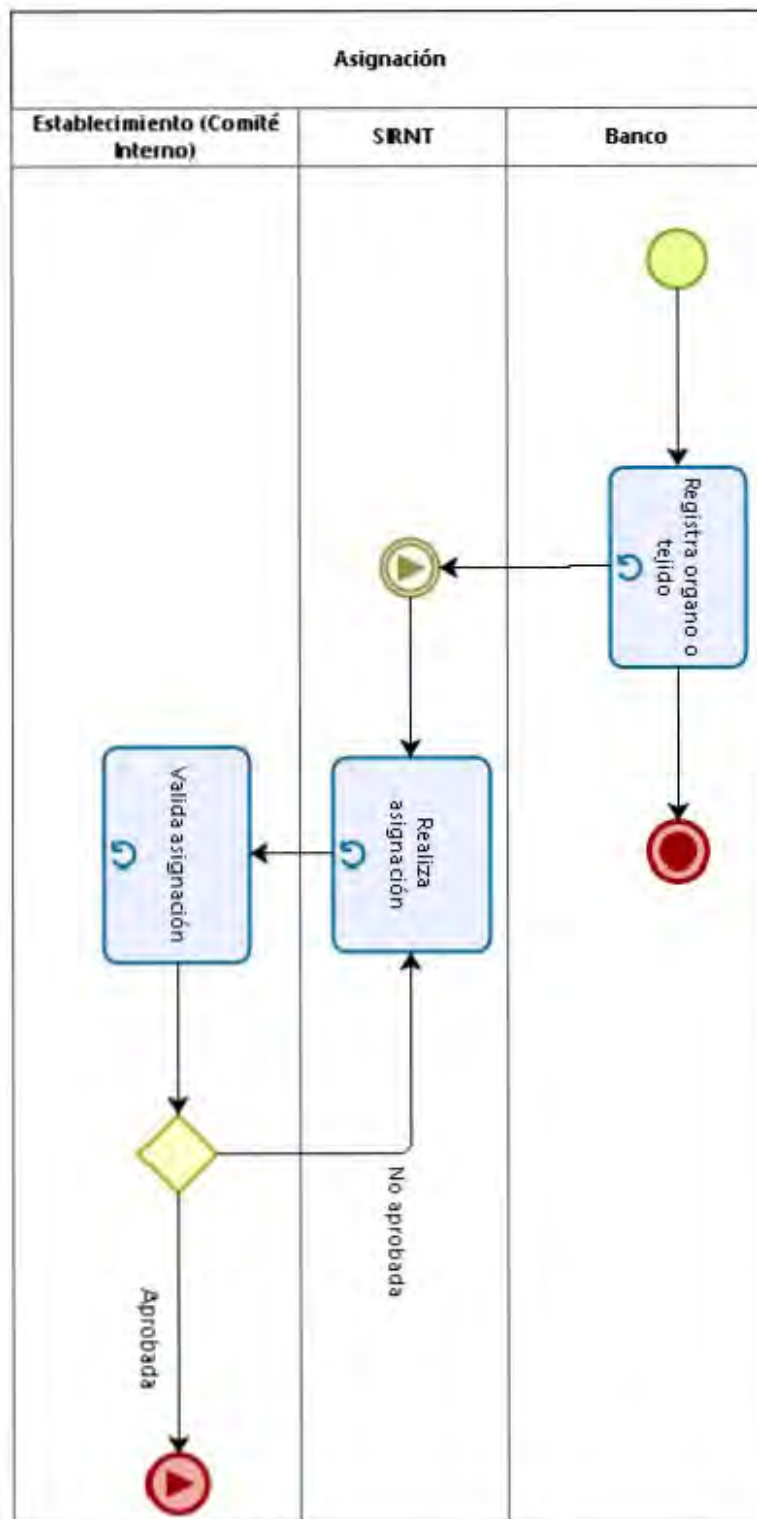


Fig. 11 – Modelo de proceso de asignación de órganos y/o tejidos. Fuente: Elaboración propia.

## 4.5 Oportunidades de mejora

En la sección anterior, a la par de la descripción del proceso, se mencionaron algunas de las mejoras propuestas. Al analizar el proceso actual con los principales involucrados, se identificaron las siguientes oportunidades de mejora:

- Automatización del proceso mediante un sistema informático robusto, eficiente y seguro.
- Para evitar que el proceso de asignación de órganos sea corrompido, se plantea la necesidad de utilizar algoritmos de asignación avanzados que indiquen al mejor receptor dado un órgano.
- Información y promoción de la donación voluntaria.
- Registro de donantes voluntarios, que se espera mejorar aprovechando la explosión actual de las aplicaciones móviles que complementen el proceso actual que se realiza con una credencial.
- Siguiendo el modelo español, se sugiere un pre-registro de receptores de órganos que con base en la ubicación del órgano, del receptor y la urgencia médica, se asigne de manera justa el órgano a la persona viable que más lo requiere.

“Divide y vencerás” frase acuñada por Julio César, se vuelve la máxima sentencia para el control de órganos y trasplantes dentro de una nación. Tener una única institución que regule todas las partes del proceso podría concluir en no lograr nada; así, el modelo español exitoso en los últimos años se divide en tres niveles: nacional, autonómico y hospitalario. Una réplica se ha comenzado a gestar en México donde la Secretaría de Salud COFEPRIS y CENATRA funge como el nivel nacional, mientras que los CETras como el nivel autonómico y, finalmente, los establecimientos autorizados para la procuración y trasplante como el nivel hospitalario.

## 5. Propuesta de Mejora

Actualmente las herramientas tecnológicas mantienen un avance constante ante el mercado ocasionando que lo que ayer era “actual” hoy sea “obsoleto”. Es por esto, que todos los procesos a los que las organizaciones y personas se enfrentan día a día son susceptibles de mejora y en otras muchas ocasiones, la mejora es obligada. Entidades, tanto privadas como gubernamentales, deben lidiar con esta situación, es así como el CENATRA en su calidad de dependencia de gobierno busca otorgar beneficios a los ciudadanos a través de procesos sencillos, eficientes y transparentes apoyados por herramientas tecnológicas hechas a la medida y en beneficio de la sociedad mexicana.

En este sentido, el proceso de trasplantes en México ha avanzado durante los últimos años, muestra de ellos es la existencia del SRNT del CENATRA. Sin embargo el SRNT presenta procesos susceptibles de mejora, lo que permitirá innovar, mejorar e incrementar las funcionalidades que permitan automatizar sus actividades de manera que los procesos se adapten a las necesidades actuales de la sociedad.

La idea es obtener un sistema que no sólo permita a las entidades reguladoras (COFEPRIS, CENATRA y a los propios establecimientos) agilizar las actividades pertenecientes al proceso de trasplante de órganos en México, sino que también permita a la población tener la mayor información posible y a al alcance sobre el tema, de manera que esta actividad se vuelva recurrente y se logre hacer conciencia de la importancia de la donación y trasplantes en la comunidad mexicana.

La propuesta de mejora se centra en 4 rubros: actividades susceptibles a ser sistematizadas, integridad de la información, seguridad de los datos y gobernabilidad electrónica. A continuación se describen cada uno de estos rubros.

## 5.1 Actividades susceptibles a ser sistematizadas

En esta sección se describen a detalle las principales oportunidades de mejorar detectadas en el sistema actual. Entre ellas se tienen:

- Establecer una interfaz de comunicación con otras dependencias, por ejemplo con COFEPRIS y DGIS.
- Hacer transparente y facilitar la asignación de órganos a trasplantar por parte de los Comités de un establecimiento.
- Mejorar los criterios para ordenar las listas de espera receptores.
- Controlar al personal encargado de transportar órganos y/o tejidos de origen internacional y realizar la entrega y/o recepción de los mismos en las aduanas.
- Crear un directorio de los profesionales de la salud de cada establecimiento.
- Llevar un control y registro centralizado de los donantes voluntarios.
- Informar oportunamente a la población de las actividades realizadas por el CENATRA, las instituciones, los establecimientos y los profesionales de la salud.
- Controlar el proceso de registro de donación y asignación de órganos con base en parámetros que permitan generar una asignación eficiente basada en la distancia, tiempo de isquemia y urgencia del órgano.
- Administrar y controlar los establecimientos que fungen como bancos de órganos y tejidos, así como los órganos y tejidos que se encuentran en estos sitios.
- Controlar los internamientos de tejidos a través de las aduanas del país.

Como se puede notar, un sistema informático actualizado permitiría la atención de las mejoras listadas anteriormente.



## 5.2 Integridad de la información

Actualmente no se tiene un control total sobre los pacientes que requieren un órgano, ya que cada institución mantiene sus propios registros, datos e indicadores. Es por esto, que la idea principal sobre la que se desarrollará el sistema será la unificación de los datos en un sistema único de donación y trasplantes que permita “garantizar la igualdad de la población que necesita un órgano como único medio de tratamiento médico” adaptada a las necesidades sociales y médicas del país.

La idea anterior, permitió crear el proceso de trasplantes español que ha sido aplicado y comprobado por la Organización Nacional de Trasplantes de España (Organización Nacional de Trasplantes, 2016), misma que ha servido como modelo mundial durante los últimos 10 años. De esta forma, se busca garantizar un control a través de una lista única de receptores, en donde sean priorizados de acuerdo a criterios médicos y no por el orden de llegada.

Es por esto, que la propuesta del SIRNT, incluirá la creación de catálogos que permitirán un mejor control sobre los programas y licencias de actividad para cada establecimiento. Además, se sugiere el uso de servicios web que permitan compartir los datos de COFEPRIS y DGIS con CENATRA; de esta manera, se busca reducir riesgo de error humano durante la transferencia y captura de datos.

Finalmente, se propone un diseño de base de datos normalizado que busca evitar la redundancia de datos así como priorizar la integridad y consistencia de los mismos.

## 5.3 Seguridad de los datos

En 2012, México ocupaba el último lugar en ciberseguridad dentro de la OCDE (Socia, 2016), justo en el marco del décimo aniversario del Instituto Federal de Acceso a la Información y Protección de Datos (IFAI, ahora INAI) fue creado como una solución a la fuga y protección de datos personales. Es aquí donde una

normativa y cultura para protección de datos dentro del CENATRA deberá ser implementada dado el tipo y criticidad de datos que se estarán manipulando.

Un sistema informático permitirá implementar protocolos de seguridad para que ni desarrolladores, usuarios o administradores del sistema puedan vulnerar la información almacenada. Se sugiere la creación y asignación de usuarios y contraseñas personales para ingresar al sistema, ya que actualmente el ingreso al SRNT se hace mediante un único usuario asignado a un establecimiento.

Por otro lado, de manera física, se propone contar con una bitácora por cada tabla de la base de datos, lo que permitirá almacenar los cambios que se realicen a nivel de registro, añadiendo el dato del usuario que realizó el cambio, la dirección IP desde donde se conectó y la fecha y hora en la que ocurrió.

También, se plantea un seguimiento por cada clic que un usuario realice dentro del sistema, esto permitirá que se pueda obtener la secuencia completa de la actividad de cada usuario que inicia sesión en el mismo. Lo anterior tiene el objetivo de proveer a los administradores del sistema herramientas para monitorear las actividades, replicar pasos en caso de ser necesario e identificar patrones de comportamientos de los usuarios. En conjunto, este seguimiento robustece la seguridad y protección del sistema.

Por otra parte, el diseño propuesto del sistema cumple con los 7 principios de “Privacy by Design” (PbD) propuestos por (Cavoukian, 2009), los cuales son:

1. Preventivo

Durante el análisis de requerimientos se planearán escenarios de ataques y robo de identidad lo que permitirá enfrentar prácticamente cualquier situación de falla; si bien es cierto que se busca atacar todos los posibles escenarios, no se debe olvidar que el sistema está hecho por personas y será manipulado por personas.

2. Manteniendo privacidad por *default*

Todos los usuarios del SIRNT tendrán únicamente los permisos por *default* con base en el rol que desempeñan dentro del proceso de trasplantes, los permisos podrán ser modificados únicamente por roles superiores.

3. Privacidad desde el diseño

El diseño de los productos propuestos (sistema y apps) deberá incluir normas que velen por la privacidad de los datos de los usuarios ya que la construcción de las soluciones se hará con base en el diseño generado.

4. Funcionalidad completa

No se sacrificará la privacidad de los datos por mejorar el desempeño o facilitar el desarrollo.

5. Seguridad punto a punto

El sistema se construirá utilizando herramientas (frameworks) que permitirán cumplir con los estándares de seguridad y privacidad para desarrollo. Además, se ha sugerido a CENATRA que el sistema deberá estar alojado bajo un protocolo de comunicación SSL.

6. Transparente

Se garantizará a los stakeholders que los componentes de la solución operarán bajo las reglas establecidas en los requerimientos y todos los módulos podrán ser verificables.

7. Respeto por la privacidad del usuario

El equipo de desarrollo diseñará la solución buscando mantener en todo momento la privacidad de los datos almacenados y requeridos por el SIRNT.

#### 5.4 Gobernabilidad electrónica en el proceso de trasplantes y donación de órganos en México.

De acuerdo a la UNESCO, la gobernabilidad electrónica se refiere al uso de las tecnologías de la información y la comunicación por parte del sector público con el objetivo de mejorar el suministro de información y el servicio proporcionado. De esta manera, se trata de estimular la participación ciudadana en el proceso de toma de decisiones, haciendo que el gobierno sea más responsable, transparente y eficaz.

Con base en la definición anterior, tanto el anterior SRNT como el SIRNT propuesto, forman parte de la gobernabilidad electrónica en México. El CENATRA como institución de pública, se apoya con este sistema para mejorar el control de sus procesos y brindar un mejor servicio a la población. Esta propuesta busca ser una herramienta que permita al CENATRA cumplir con sus objetivos, misión y visión definidos en su creación.

Para cumplir con los lineamientos gubernamentales, se utilizó MAAGTICSI. MAAGTICSI es el Manual Administrativo de Aplicación General en materia de Tecnologías de la Información y Comunicaciones y de Seguridad de la Información (SEDATU, 2016). Este se divide en tres grupos que sirven como control de los procesos de TI en las instituciones de gobierno. Al ser CENATRA una de estas entidades, se tuvieron que manejar dichos formatos, los primeros tres de la categoría “proceso de administración de proyectos” y el último correspondiente al “proceso de administración de proveedores”. La función de cada uno de estos se detalla a continuación:

1. Acta de constitución del proyecto. (ADP F1)  
Se detalla el nombre, justificación, datos generales, objetivos, descripción y alcance del proyecto. Ver Figura 12.
2. Acta de aceptación de entregables. (ADP F2)  
Se detallan los productos que entregarán tras la realización del proyecto. Incluye archivos fuente, ejecutables, manuales y documentación del desarrollo. Ver Figura 13.
3. Acta de cierre de proyecto. (ADP F3)  
Se detalla el nombre, descripción, fecha de ejecución, descripción de los entregables, relación documental y observaciones del proyecto. Contiene un área para firmas que formalizan la entrega y liberación de los entregables.
4. Reporte de avance sobre el cumplimiento de obligaciones. (APRO F1)  
Es una evaluación del equipo de desarrollo que incluye los rubros: logros, desempeño, penalizaciones, oportunidades de mejora e incidentes durante la ejecución.

MANUAL ADMINISTRATIVO DE APLICACIÓN GENERAL EN LAS MATERIAS DE  
TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES Y DE SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN  
Apéndice IV. A Formatos para los Productos de los procesos del MAAGTICSI

<b>ADP- Proceso de administración de proyectos</b>										
<b>Acta de constitución del proyecto. Formato ADP F1</b>										
<b>Acta de constitución de proyecto de TIC</b>										
Código/Identificación del Proyecto	Fecha	Revisión								
SIRNT	01/02/2016	01/03/2016								
<p>I. Nombre y Objetivo del proyecto</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p><b>Nombre:</b> "Sistema Informático del Registro Nacional de Donación y Trasplantes".</p> <p><b>Objetivo:</b> desarrollar un sistema informático del registro nacional de trasplantes que sea operado por el Centro Nacional de Trasplantes (CENATRA).</p> </div>										
<p>II. Justificación general del proyecto</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>El sistema a desarrollar permitirá optimizar los procesos de donación, distribución y trasplante de órganos, tejidos y células en México; automatizará la gestión, fiscalización y consulta de la actividad de procuración y trasplante de órganos y tejidos en el ámbito nacional, apegados a la normativa vigente, avances científicos y tecnológicos; y garantizará a la sociedad la transparencia, justicia y eficiencia de estas actividades.</p> </div>										
<p>III. Datos generales del proyecto</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 30%;">Identificación del proyecto:</td> <td>SIRNT</td> </tr> <tr> <td>Nombre del proyecto:</td> <td>Sistema Informático del Registro Nacional de Donación y Trasplantes</td> </tr> <tr> <td>Unidad administrativa solicitante:</td> <td>Centro Nacional de Trasplantes (CENATRA)</td> </tr> <tr> <td>Unidad administrativa impulsora:</td> <td> </td> </tr> </table>			Identificación del proyecto:	SIRNT	Nombre del proyecto:	Sistema Informático del Registro Nacional de Donación y Trasplantes	Unidad administrativa solicitante:	Centro Nacional de Trasplantes (CENATRA)	Unidad administrativa impulsora:	
Identificación del proyecto:	SIRNT									
Nombre del proyecto:	Sistema Informático del Registro Nacional de Donación y Trasplantes									
Unidad administrativa solicitante:	Centro Nacional de Trasplantes (CENATRA)									
Unidad administrativa impulsora:										

*Fig. 12 – Primera página del formato ADP F1 del MAAGTICSI. Fuente: MAAGTICSI.*

MANUAL ADMINISTRATIVO DE APLICACIÓN GENERAL EN LAS MATERIAS DE  
TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIONES Y DE SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN  
Apéndice IV. A Formatos para los Productos de los procesos del MAAGTICSI

ADP- Proceso administración de proyectos						
Acta de aceptación de entregables. Formato ADP F2						
Acta de aceptación de entregables del Proyecto						
SRNT, Sistema Nacional de Donación y Trasplantes						
Identificador del Entregable	Descripción del Entregable	Fecha compromiso de entrega	Fecha de verificación del entregable	Fecha de real entrega	Responsable de aceptación	Observaciones
1. Documento de inicio del proyecto	Resumen del proyecto, antecedentes, objetivo y listado de entregables.	03/03/2016		25/02/2016	Equipo de desarrollo, CENATRA	
2. Listado de involucrados	Entidades participantes en el desarrollo del proyecto.	03/03/2016		25/02/2016	Equipo de desarrollo, CENATRA	
3. Cronograma de actividades	Calendario con la planeación por actividades a desarrollar por módulo y función.	03/03/2016		25/02/2016	Equipo de desarrollo, CENATRA	
4. Plan de configuración del sistema	Descripción de los archivos y variables que se deben para la liberación del sistema.	16/06/2016			Equipo de desarrollo, CENATRA	
5. Bitácora de entregables	Listado de los entregables finales.	22/08/2016			Equipo de desarrollo, CENATRA	
6. Plan de instalación del sistema	Manual de instalación del sistema así como de la paquetería necesaria.	16/06/2016			FC Equipo de desarrollo CENATRA	
7. Plan de pruebas	Documento con el detalle de las pruebas aplicadas.	18/03/2016			Equipo de desarrollo, CENATRA	
8. Descripción de los procesos	Descripción de los procesos de negocio que componen el flujo del sistema.	14/04/2016			Equipo de desarrollo, CENATRA	

Fig. 13 – Primera página del formato ADP F2 del MAAGTICSI. Fuente: MAAGTICSI.

## 5.5 Análisis de riesgos

Dentro de cualquier proyecto hay riesgos que se encuentran presentes y son susceptibles de ocurrir. Es por esto, que para el desarrollo de este proyecto se han identificado posibles riesgos que podrían ocurrir durante la ejecución, liberación, entrega y puesta en marcha del sistema propuesto. Los riesgos fueron detectados antes y durante la ejecución del proyecto y detallados con base en la Tabla 2.

*Tabla 2 Formato de administración de riesgos. Fuente: Elaboración propia.*

<b>Descripción:</b>
<b>Tipo de amenaza:</b> <i>Interna/Externa/Mixta</i>
<b>Entidad que la genera:</b>
<b>Probabilidad de ocurrencia:</b> <i>Baja/ Media/ Alta</i>
<b>Impacto:</b> <i>Bajo/ Medio/ Alto</i>
<b>Descripción del impacto:</b>
<b>Evento que lo provoca:</b>
<b>Plan de mitigación:</b>
<b>Plan de contingencia:</b>

Los riesgos más importantes son:

- Problemas en el entendimiento de los requerimientos y/o el proceso de negocio dada su alta complejidad.
- Retraso en la liberación del ambiente de producción, dado que en proyectos federales la infraestructura es una responsabilidad ajena al equipo que desarrolla el sistema.
- Cambios solicitados por el CENTRA posteriores a la entrega de los de los módulos.
- Problemas de cooperación, coordinación y/o comunicación entre las entidades involucradas en el desarrollo del proyecto.
- Migración de los datos que actualmente se tienen.

- Administración del cambio, al contar con un sistema anterior, los usuarios deberán ajustarse al nuevo sistema, lo que implica un periodo de capacitación y adaptación que permita una correcta transición.

En el Anexo I se muestra de manera integral la matriz de riesgos.

## 5.6 Control de cambios

Durante la ejecución de cualquier proyecto se pueden presentar cambios, estos pueden ser de bajo impacto para el desarrollo del proyecto o tan severos que podrían causar un rediseño y/o nueva planeación del mismo. Por esto, se debe estar preparado para mitigar los problemas que puedan generarse al incorporarlos al desarrollo. Un adecuado control de cambios permitirá:

- Identificar el cambio solicitado.
- Controlar el cambio.
- Analizar y planear el cambio.
- Aplicar o rechazar el cambio.

Para este proyecto, se sugiere la utilización de Mantis Bug Tracker<sup>1</sup> (mantis de ahora en adelante), una herramienta web que permite gestionar los cambios y defectos durante un proyecto.

Cada cambio registrado en Mantis tiene un color que permite identificar su estado. Los estados y colores indican lo siguiente:

- **New (rojo)**: nuevo cambio solicitado, es el estado inicial de todo cambio registrado.
- **Feedback (lila)**: este estado indica que se requiere un mayor detalle para poder atender el cambio.
- **Acknowledged (anaranjado)**: la solicitud de cambio fue leída, sin embargo no se ha confirmado que el cambio deba aplicarse o se decidió aplicarlo en una etapa futura del proyecto.

---

<sup>1</sup> <https://www.mantisbt.org/>



- **Confirmed (amarillo):** el cambio solicitado ha sido aprobado y reproducido. Se tiene considerado para su atención, sin embargo, no ha sido asignado ni si está trabajando en él.
- **Assigned (azul):** el cambio ha sido asignado a un miembro del equipo de desarrollo para su atención. Este estado indica que se está trabajando en dicho cambio.
- **Resolved (verde):** indica que el cambio se ha aplicado y se encuentra en espera de validación.
- **Closed (gris):** el cambio ha sido validado, este es el estado final de un cambio.

En la Figura 14 puede observarse el mapeo anterior.



Fig. 14 – Mapeo de colores en mantis. Fuente: Mantis Bug Tracker.

El menú principal de Mantis lista los cambios solicitados y los colores dependiendo el estado de atención en el que se encuentren. Cabe destacar, que Mantis, al ser una herramienta web multiusuario, permite definir qué puede ver y/o hacer cada

miembro del equipo. Un ejemplo de esto se puede observar en la Figura 15, donde se muestra la vista de un usuario con el rol *developer*.

Logged in as: *erick* (Erick Matla - developer) 2017-01-02 17:22 CST

My View | View Issues | Report Issue | Change Log | Roadmap | My Account | Logout

**Assigned to Me (Unresolved) (0 - 0 / 0)**

**Unassigned (0 - 0 / 0)**

**Reported by Me (0 - 0 / 0)**

**Resolved (1 - 3 / 3)**

0000827	APP Cambiar titulo de Guía
-	Interfaz de usuario - 2016-12-20 21:30
0000829	L4 Como RS no muestra los roles
-	Interfaz de usuario - 2016-12-06 13:59
0000494	L5 APP Consulta por nombre y CURP
^	[All Projects] General - 2016-10-11 20:01

**Recently Modified (1 - 10 / 819)**

0000815	APP La tarjeta de donador no debería tener una pantalla
-	Interfaz de usuario - 2016-12-21 12:31
0000821	APP Información adicional en pantallas
-	Interfaz de usuario - 2016-12-21 12:30
0000823	APP texto menú
-	Interfaz de usuario - 2016-12-21 12:27
0000813	APP La pantalla de inicio de sesión no debe existir
-	Interfaz de usuario - 2016-12-21 12:24
0000828	APP Pantalla principal
-	Interfaz de usuario - 2016-12-21 12:16
0000825	APP Pantalla de Bienvenida
-	Interfaz de usuario - 2016-12-21 11:59
0000823	APP Menú y pantallas fuera de proporción
-	Interfaz de usuario - 2016-12-21 11:25
0000817	APP No es posible conocer el error en CURP
-	Interfaz de usuario - 2016-12-20 21:34
0000827	APP Cambiar titulo de Guía
-	Interfaz de usuario - 2016-12-20 21:30
0000816	APP No hay validaciones en el campo de año de nacimiento
-	Interfaz de usuario - 2016-12-20 21:11

**Monitored by Me (0 - 0 / 0)**

Fig. 15 – Menú principal de mantis. Fuente: Mantis Bug Tracker.

Un cambio se registra mediante un formulario como el que se presenta en la Figura 16. De manera obligatoria se piden cuatro campos a llenar que buscan ayudar a identificar de manera más rápida el cambio solicitado. La utilidad y valores de los campos obligatorios se detallan a continuación:

- **Categoría:** permite al desarrollador identificar de que tipo es el cambio a realizar y puede ser: Funcionalidad, Interfaz, Navegabilidad o Textos.
- **Resumen:** es el nombre del cambio, no debe exceder de 20 palabras.

- **Descripción:** detalle del cambio a realizar, en caso de que sea un error que se deba corregir, es posible indicar la serie de pasos para poderlo replicar.
- **Caso de uso:** corresponde a la funcionalidad que afecta el cambio (ver Anexo II).

The screenshot shows the 'Enter Report Details' form in Mantis Bug Tracker. The form is organized into a table-like structure with a left column for labels and a right column for input fields. The labels include: Category, Reproducibility, Severity, Priority, Select Profile, Platform, OS, OS Version, Assign To, Summary, Description, Steps To Reproduce, Additional Information, Attach Tags, Case de Uso, Upload File, View Status, and Report Stay. The input fields consist of dropdown menus, text boxes, and checkboxes. A 'Submit Report' button is positioned at the bottom right of the form area. At the bottom of the page, there is a footer with 'MantBT' and '© 2017 MantisBT Team' on the left, and the 'mantis' logo on the right.

Fig. 16 – Formulario de registro de cambio. Fuente: Mantis Bug Tracker.

Cabe mencionar que Mantis es una herramienta que puede ser utilizada durante la ejecución de cualquier proyecto. Si bien se centra en el control de defectos en proyectos de TI, ésta puede utilizarse para cualquier tipo de proyecto que requiera un control y seguimiento de tareas, cambios o defectos.

## 5.7 Investigación de Acción Técnica (IA Técnica)

El desarrollo de la propuesta considera ocho liberaciones (siete parciales y una final), estas se mapean a los ciclos de ingeniería de la IAT. En cada uno de ellos, se busca cubrir las siguientes actividades (Genero Bocco, Cruz-Lemus, & Piattini Velthuis, 2014):

- **Investigación del problema:** identificación de los *stakeholders* y sus objetivos, investigación de los fenómenos relevantes para el problema y su relación con los objetivos de los *stakeholders*.
- **Diseño del tratamiento:** artefacto que interactúa con el contexto del problema.
- **Validación del diseño:** efectos y valor esperados del artefacto bajo el contexto del problema.
- **Implementación del tratamiento y evaluación:** transferencia al entorno del artefacto.

Mediante IAT se obtendrá un entendimiento más detallado de las necesidades del cliente, el artefacto se ajustará de mejor manera al problema y en conjunto, la propuesta de este trabajo permitirá modelar una solución viable y completa que será construida mediante una metodología de desarrollo de software basada en el Proceso Unificado y la norma ISO/IEC 29110.

## 5.8 Proceso propuesto

El nuevo sistema a desarrollar tiene como principal requerimiento la conservación de la información con la que cuenta actualmente el SRNT. Ya que una actividad importante que se lleva a cabo en el CENATRA es la emisión de reportes con base en datos históricos que permiten conocer el estado actual y avance de los trasplantes en el país.

De esta forma se busca mantener un control sobre las actividades que se realizan con los recursos públicos asignados a los establecimientos y, sobre todo, velando por maximizar el beneficio para la ciudadanía.

El CENATRA identificó 6 entidades fundamentales del proceso de negocio que deben mantenerse del actual SRNT al SIRNT, siendo las siguientes:

1. Establecimientos
2. Profesionales de la salud
3. Licencias
4. Donantes
5. Receptores
6. Asignación y distribución de órganos

Además de los anteriores, el SIRNT propone módulos que mejorarán el proceso de negocio, como lo son:

1. Donante voluntario
2. Sobrevida
3. Algoritmos de asignación de órganos
4. Bancos
5. Aduanas
6. Bitácoras de acceso y uso
7. Catálogos
8. Control de acceso y seguridad

## 5.9 Análisis de requerimientos

CENATRA requiere un sistema que se adapte a las necesidades actuales de la sociedad mexicana y al crecimiento que la donación de trasplantes ha presentado en el país durante los últimos años. El nuevo sistema, debe permitir la importación de los datos que actualmente son manipulados por el SRNT ya que será sustituido paulatinamente con el nuevo sistema.

Los requerimientos que debe cumplir el desarrollo, agrupados por módulo, son los siguientes:

### 5.9.1 Administración de Establecimientos

Los datos de los establecimientos serán proveídos por COFEPRIS, por tal razón la base de datos deberá diseñarse para cumplir con los siguientes requerimientos:

- Es necesario almacenar los datos generales de un establecimiento, como lo es su nombre, su RNT y su domicilio.
- Cada Establecimiento cuenta con un detalle en el cual se mantienen indicadores como camas censables y no censables, defunciones en la unidad de terapia intensiva y si cuenta o no con servicio de neurocirugía.
- Al otorgar un usuario y contraseña a nivel personal se mejorará la trazabilidad de todas las acciones realizadas en el sistema.

Esta actividad presenta oportunidades de mejora las cuales se abordarán a través de la asignación de usuarios únicos por cada profesional de la salud que se encuentre dado de alta en el sistema y un registro de quién efectúa cada cambio a mediante bitácoras que almacenen el estado previo y actual tras la modificación de los datos.

### 5.9.2 Profesionales de la Salud

Se requiere almacenar y manipular los datos de Cirujanos, Responsables de Programa, Responsables Sanitarios, Responsables de Traslados, Responsables de Aduanas, Donantes y Receptores; de cualquiera de estos personajes se necesitan datos como: nombre completo, dirección, teléfonos y correo electrónico.

Este módulo, deberá incluir la migración de datos existentes en el sistema actual; además, se propone la mejora del módulo al generar una lista única de donantes, órganos y receptores en búsqueda de obtener asignaciones de órganos a pacientes con base en criterios de orden, igualdad y criticidad.

### 5.9.3 Importación de Tejidos

Se busca mejorar el control sobre los Responsables de Traslados (RT) desde los Establecimientos y Aduanas. Para estos se necesita mantener el registro de la identificación oficial de éstos, ya que será el medio de identificación que se presente en el momento de recoger un tejido para trasladarlo.

Como propuesta de mejora, se sugiere generar códigos QR, que portarán los RT, que al ser escaneados en las aduanas o en los establecimientos, brindarán la información necesaria que permita identificar a la persona y al internamiento. También, se propone almacenar la foto e identificación/es de cada RT. Ambas propuestas, buscan agilizar el proceso de identificación de responsables sanitarios para traslado de órganos y disminución de tiempos de viaje evitando superar los tiempos de isquemia de los órganos trasladados.

### 5.9.4 Licencias

La información de establecimientos, sus licencias y los programas autorizados de éstos, es otorgada por la COFEPRIS.

Se propone construir una herramienta que permita automatizar el consumo de la información directamente de la base de datos de la COFEPRIS; con esta herramienta, se busca mantener la consistencia de la información que se recibe, mitigando posibles errores humanos al capturar dicha información.

### 5.9.5 Donantes

Se espera mejorar el proceso de registro y administración de los Donantes Voluntarios, ya que actualmente la mayor parte del registro no se encuentra automatizado y se lleva a cabo con la tarjeta presentada en la Figura 17, misma que debe portar en todo momento la persona registrada como donante voluntario.

<b>Respetemos la voluntad de quien decidió donar sus órganos y tejidos</b>			
<p>Testigos</p> <p>_____ Nombre y firma</p> <p>_____ Nombre y firma</p> <p style="color: green; text-align: center;">26 de septiembre "Día nacional de la donación y trasplante de órganos"</p> <p style="text-align: center;">Infórmate en <a href="http://www.cenatra.salud.gob.mx">www.cenatra.salud.gob.mx</a> 01800 201 7861 y 62 LOCATEL 56581111</p>		<b>DONACIÓN VOLUNTARIA DE ÓRGANOS Y TEJIDOS</b>	
		<p><b>A mi familia:</b> Es mi voluntad que a mi fallecimiento y con la esperanza de ayudar a salvar vidas, sean donados mis órganos y tejidos con fines de trasplante.</p> <p>Cuando esto suceda, apoyen mi decisión y ayuden a cumplir mi voluntad.</p> <p style="text-align: center;">Los ama...</p> <p style="text-align: center;">_____ Nombre y firma</p> 	

*Fig. 17 – Tarjeta actual para registro de Donantes Voluntarios. Fuente: CENATRA*

Con base en el Reglamento de la Ley General de Salud en Materia de Trasplantes publicado el 3 de marzo del 2014 el consentimiento para la donación entre vivos con fines de trasplantes debe incluir (Federacion, 2014):

- Nombre del donador
- Domicilio del donador
- Edad del donador
- Sexo del donador
- Estado civil del donador
- Ocupación del donador
- Nombre y domicilio del cónyuge, concubina o concubino (si tuviere el Donador)
- Nombre y domicilio de los padres y a falta de éstos, de alguno de sus familiares más cercanos (cuando el donador se encuentre soltero)

Además de un señalamiento de que por propia voluntad y a título gratuito, consiente en la donación que incluye:

- Nombre del receptor
- El señalamiento de haber recibido información a su satisfacción sobre los riesgos de la operación y las consecuencias de la Extracción del Órgano, Tejido o célula



- Nombre, firma y domicilio de los testigos cuando se trate de documento privado
- Lugar y fecha en que se emite el documento
- Firma o huella digital del Donador
- El señalamiento de si la donación se hace a favor de alguna persona o institución determinada
- Las demás circunstancias de modo, lugar y tiempo que considere pertinentes el donante, así como cualquier otra que condicione la donación

Otra situación a considerar dentro de esta funcionalidad, es el creciente apoyo de organizaciones e instituciones tanto privadas como de gobierno para promover la donación de órganos. Una actividad que se ha vuelto recurrente en eventos masivos, al repartir tarjetas que permitan expresar el deseo de donación de órganos. Un ejemplo de una tarjeta de otra campaña se puede ver en la Figura 18.



Fig. 18 – Ejemplo de credencial de Donador Voluntario. Fuente: Fundación Televisa/América F.C.

Debido al requerimiento anterior y aprovechando que las aplicaciones móviles se han convertido en herramientas que forman parte del entorno diario de la población, se propone crear una aplicación móvil que permita expresar el deseo de donación a través de ésta. La aplicación sugerida, permitirá controlar y asegurar el deseo altruista de donación de las personas, agilizando el proceso de donación tanto en la parte médica como informando de manera oportuna el deseo a los familiares del donante. Además, se tendrá un registro integral, completo, consistente y siempre

disponible de todos los donantes voluntarios en México así como una herramienta que permita unificar los esfuerzos de todas las organizaciones e instituciones en un canal único de registro.

#### 5.9.6 Receptores

Se requiere llevar un control pos trasplante de los receptores, para así tener estadísticas que permitan medir y mejorar el proceso de donación y trasplante.

Los módulos presentados anteriormente, se pueden modelar con base en sus actividades, generando los cuatro modelos de negocio de la siguiente sección.

#### 5.10 Modelado de procesos por usuario del sistema

Detallar los procesos de un negocio es un paso que complementa al análisis de requerimientos. Sin embargo, en ocasiones a los analistas les es complicado comprender los procesos que describen el cliente y los interesados, debido a que los primeros se encuentran en el día a día de los negocios y los segundos pueden no tener conocimiento de los procesos involucrados.

Es por esto, que se recurre a herramientas que permiten generar un modelo gráfico de los procesos de negocio. Una de estas herramientas son los diagramas de modelo y notación de procesos de negocio “BPMN” (por sus siglas en inglés) cuyo objetivo es que, a través de una notación gráfica, se modelen procesos de negocio con la intención de facilitar su lectura y entendimiento por cualquier persona involucrada en el negocio así como personas externas (OMG, 2016).

### 5.10.1 Modelo COFEPRIS – CENATRA – Responsable Sanitario (Establecimiento)

El modelo de proceso que se presenta en esta subsección es la primera parte del proceso de donación y trasplantes en México. Durante esta parte del proceso se involucran tres participantes cuyas actividades se describen a continuación:

- **COFEPRIS:** es el responsable de emitir la licencia sanitaria que permitirá que un establecimiento pueda realizar las actividades de procuración, banco y/o trasplante de órganos.
- **CENATRA:** es el encargado de generar los usuarios y contraseñas de los responsables sanitarios para ingresar al SIRNT. Esto aplica únicamente para los responsables sanitarios de los establecimientos a los que COFEPRIS les ha otorgado una licencia.
- **Responsable sanitario del establecimiento:** es el encargado de verificar que se lleven a cabo de manera correcta las actividades que se indican en la licencia otorgada por COFEPRIS. Además, una vez que ingresa al SIRNT es responsable de capturar los indicadores solicitados del establecimiento al cual está asignado así como notificar cualquier error existente en los datos de la licencia otorgada o datos visibles en el SIRNT.

El modelo del proceso de negocio (BPMN) de este modelo se puede ver en la Figura 19.

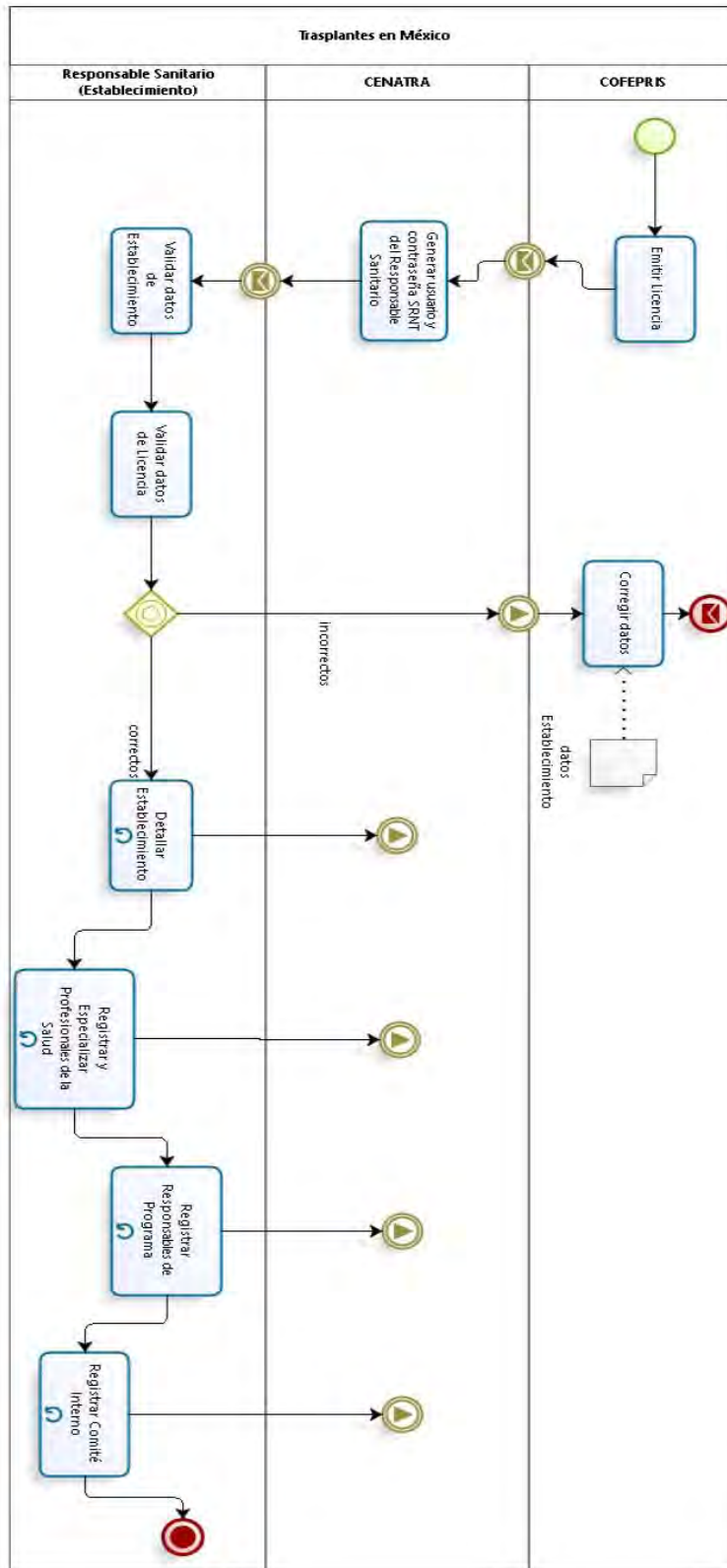


Fig. 19 – Proceso de negocio COFEPRIS-CENATRA-RS (Establecimiento). Fuente: Elaboración propia.

### 5.10.2 Modelo Paciente – Coordinador Hospitalario de donación (Establecimiento) – Comité Interno

El proceso de registro para solicitud de órganos así como su asignación, involucra a tres participantes cuyas actividades se mencionan a continuación, ver Figura 20:

- **Paciente:** al solicitar un trasplante, se registra en lista de espera dentro de un establecimiento.
- **Coordinador hospitalario de donación (establecimiento):** administra la lista de espera así como los órganos y/o tejidos disponibles para trasplante.
- **Comité Interno (establecimiento):** asigna con base en criterios internos el órgano y/o tejido a trasplantar a alguno de los pacientes en lista de espera.

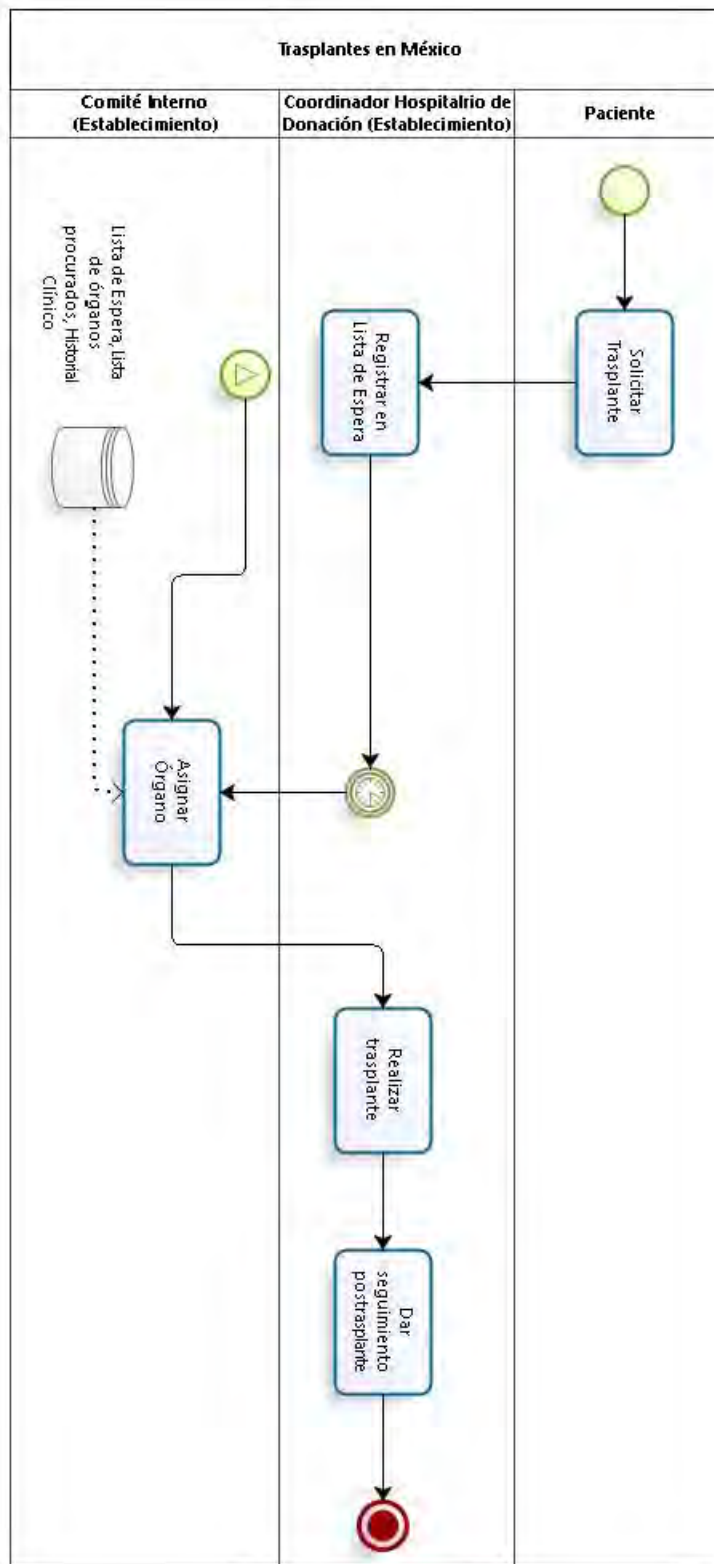


Fig. 20 - Proceso de negocio Paciente- CH (Establecimiento) -CI(Establecimiento). Fuente: Elaboración propia.

### 5.10.3 Modelo Donante – Responsable (Establecimiento) – Comité Interno

Este proceso consta de tres participantes, las actividades que realiza cada uno de ellos se detallan a continuación:

- **Donante voluntario:** registra su deseo de donar vía una app, a través del SIRNT o en sitio en cualquier establecimiento. Una vez que llega el momento en que un donante voluntario se convierte en un donante potencial, se le realizan análisis para conocer la viabilidad de sus órganos.
- **Responsable (establecimiento):** en caso de que los análisis arrojen resultados favorables, se procuran los órganos susceptibles de trasplante y se añaden a la lista de órganos disponibles del establecimiento.
- **Comité Interno (establecimiento):** emite una decisión sobre el órgano procurado, este puede asignarse a algún paciente en lista de espera o bien, puede ser distribuido a otro establecimiento.

El diagrama del modelo puede verse en la Figura 21.

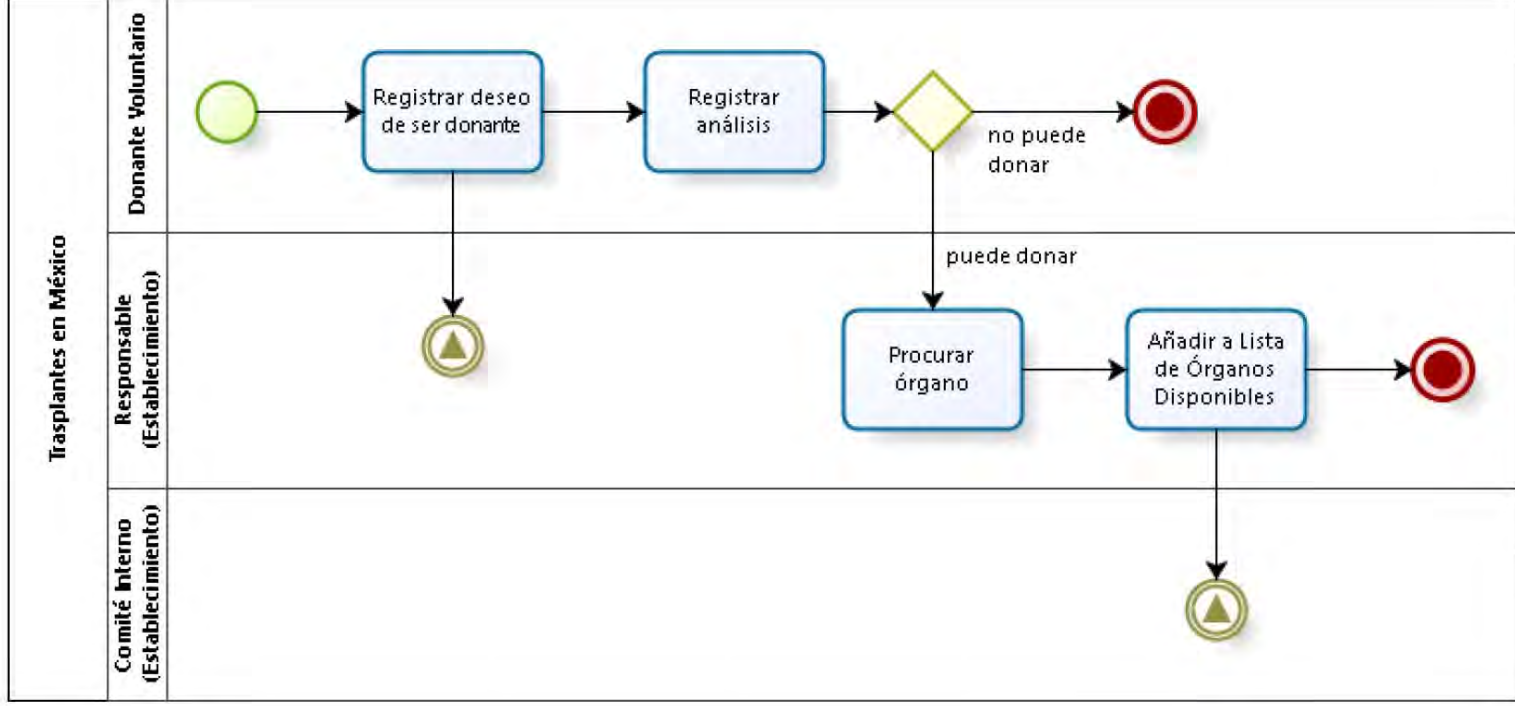


Fig. 21 - Proceso de negocio Donante voluntario - Responsable (Establecimiento) - CI (Establecimiento). Fuente: Elaboración propia.



#### 5.10.4 Donante – Familiares – Responsable (Establecimiento) – Comité Interno (Establecimiento)

El proceso de donación de un donante cadavérico, involucra a cuatro participantes y se detalla a continuación, ver Figura 22:

- **Donante cadavérico:** persona declarada como fallecida.
- **Familiares:** deciden sobre los órganos de su familiar fallecido.
- **Responsable (establecimiento):** procura los órganos y/o tejidos en caso de que los familiares acepten donarlos.
- **Comité interno (establecimiento):** emite una decisión sobre el órgano procurado.

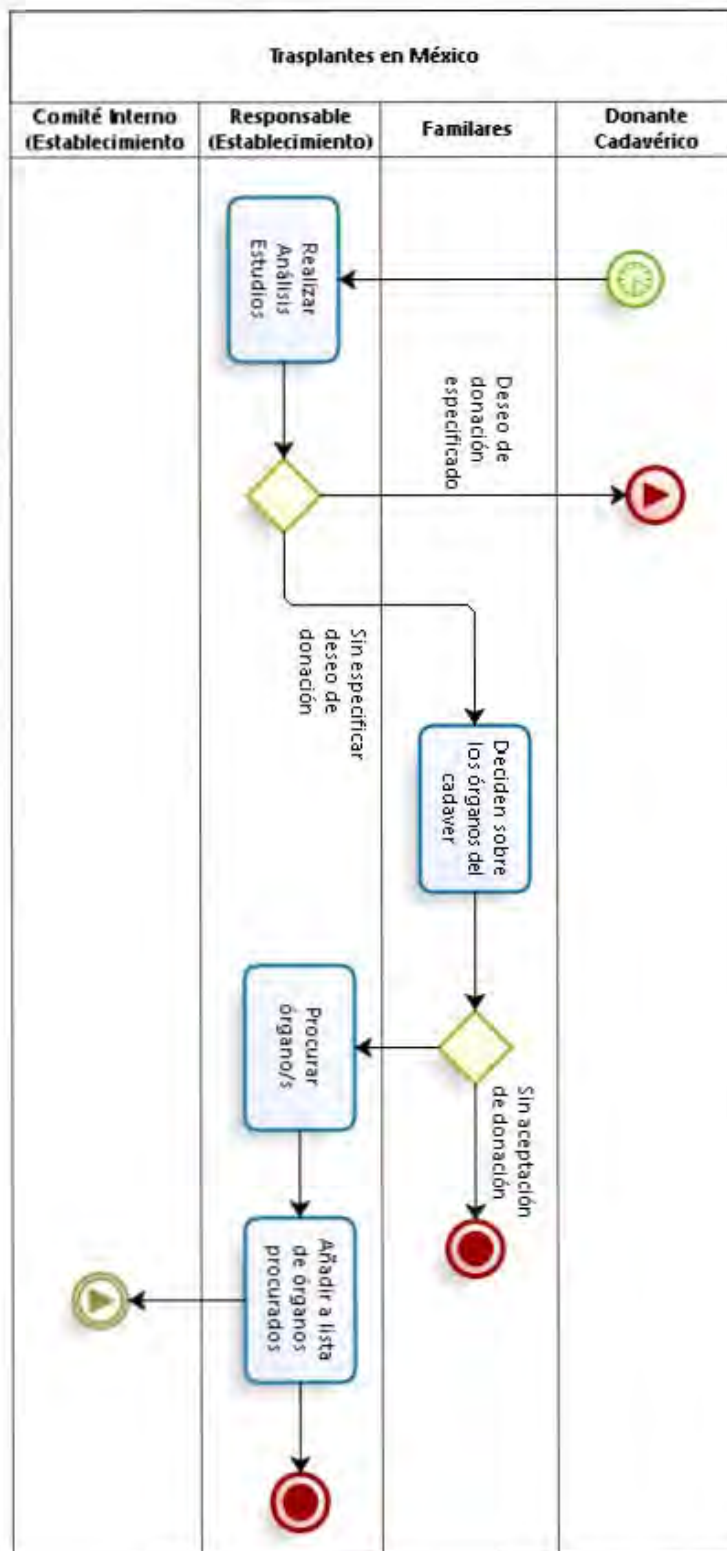


Fig. 22 – Proceso de negocio Donante - Familiares - Responsable (Establecimiento) - CI (Establecimiento)

## 5.11 Modelo de la base de datos

En lo que respecta al modelado de la base de datos que permita hacer persistente la información, se sugiere su construcción siguiendo el modelo relacional. Este modelo permite especificar de manera clara las necesidades y restricciones de los objetos (entidades) participantes en el proceso de negocio, sus características (atributos) y las relaciones entre sí. El modelo propuesto tiene las siguientes características gráficas:

- **Atributos U:** son atributos que deberán ser registrados como únicos, esto es, no se podrá registrar un valor duplicado en aquellos atributos etiquetados con la letra U.
- **Atributos N:** son atributos que podrán contener valores nulos, esto es, el dato no será requerido para realizar alguna alta o actualización sobre el registro.
- **Entidades blancas:** son todas las entidades que se alimentarán de la interfaz del sistema.
- **Entidades rojas:** son aquellas entidades en las que se almacenarán los datos consumidos de los servicios web ligados a COFEPRIS.

Mientras que la funcionalidad de las entidades se detalla a continuación (dado que se sigue la notación del diagrama, se omiten signos de puntuación y espacios en las etiquetas de las entidades):

- **Licencia:** permitirá almacenar los datos de licencias, estos datos serán consumidos de manera automática mediante un servicio web que permitirá una conexión entre las bases de datos de COFEPRIS y CENATRA.
- **Establecimiento:** permitirá almacenar los datos de los establecimientos. Al igual que los datos de la entidad Licencia, estos datos serán consumidos de manera automática a través de un servicio web.
- **Persona:** almacenará los datos personales de cualquier individuo que se registre como profesional de la salud, donante o receptor.

- **Comite:** mantendrá los datos de los comités asignados a cada establecimiento, así como el acta de formación del mismo.
- **MiembroComite:** permitirá almacenar los datos de los profesionales de la salud que pertenecen a un comité en un establecimiento específico.
- **Aduana:** almacenará los datos de las aduanas por las cuales podría llegar o salir un órgano para trasplante de territorio nacional.
- **ResponsableAduana:** mantendrá los datos de los profesionales de la salud responsables de cada aduana.
- **Banco:** permitirá concentrar los datos de los distintos tipos de bancos que existen así como los protocolos que debe cumplir cada uno de los tipos.
- **BancoEstablecimiento:** almacenará la manera en cómo se relacionan los establecimientos con los bancos, indicando qué tipo de banco es cada establecimiento.
- **CoordinadorHospitalario:** mantendrá los datos de los profesionales de la salud que coordinan los programas de trasplante en cada establecimiento.
- **Direccion:** permitirá tener un registro de todas las personas que se registran la base de datos.
- **Programa:** almacenará los nombres con los que se conoce a cada uno de los programas de procuración y trasplante de órganos en los establecimientos registrados.
- **ProgramaLicencia:** mantendrá los datos de los programas que se permite operar con la emisión de una licencia.
- **Receptor:** permitirá tener el registro de aquellas personas que se encuentran en la lista de espera o bien, que ya han recibido un trasplante. Para diferenciarlas se cuenta con un atributo que indica dicho estatus.
- **Donante:** almacenará los datos de aquellas personas que donador uno o más órganos.
- **Organo:** mantendrá los datos de los órganos que se reciben para donación.

Las entidades precedidas por una C, servirán como catálogos de datos en busca de evitar redundancia y proveer de consistencia e integridad a los datos almacenados.

Las entidades sugeridas como catálogos son:

- **CProfesion:** datos de profesiones con las cuales puede contar una persona registrada.
- **CGenero:** datos masculino y femenino.
- **COcupacion:** datos de ocupaciones que puede tener alguna persona registrada.
- **CEstado:** datos de estados de la República Mexicana.
- **CMunicipio:** datos de municipios que componen cada estado de México.
- **CInstitucion:** datos de instituciones de salud de México.
- **CTipoComite:** datos de tipos de comités que se registran en los establecimientos.
- **CEscolaridad:** datos de las escolaridades posibles que puede tener una persona.
- **CTecnica:** datos de las técnicas que se emplean para procuración de órganos.
- **CTipoTelefono:** datos de los diferentes tipos de teléfonos que existen.
- **CRoIMedico:** datos de los roles que puede tomar un profesional de la salud dentro de un establecimiento.
- **CPais:** datos de los países con los cuales se tienen convenios de cooperación para exportación o importación de órganos y/o tejidos para trasplante.

La ventaja de manejar a los catálogos como entidades es que éstas pueden ser administradas por el CENATRA de acuerdo a sus necesidades y en el momento que mejor le convenga.

Finalmente, la Figura 23 representa el diagrama que se sugiere utilizar para el desarrollo de la base de datos; es preciso comentar que por cuestiones de confidencialidad, sólo se presenta una parte del esquema propuesto y se han realizado alteraciones del original.



## 5.12 Planeación

Tras realizar el análisis de requerimientos se propone un diagrama de Gantt que permita dar un orden y priorizar los módulos a generar en el proyecto. Además, las actividades a realizar se han agrupado en 6 etapas que indican los hitos del proyecto y las fechas convenidas. La distribución temporal de las actividades se puede ver en la Tabla 3.

Tabla 3 Cronograma del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

Año	2015				2016												2017					
Actividad / Mes	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	
Introducción	■	■	■																			
Antecedentes				■	■	■	■															
Proceso Actual							■	■	■	■												
Proceso Propuesto											■	■	■	■	■	■						
Verificación y validación																■	■	■	■	■		
Conclusiones y trabajo futuro																					■	■

Nótese que las actividades se mapean a los capítulos de esta tesis.

## 5.13 Diseño

Durante esta actividad, se ha realizado la abstracción de los requerimientos obtenidos en la etapa anterior para convertirlos en la arquitectura del software. Para esta etapa, se pretende mantener las interfaces y las funcionalidades del sistema actual, adaptadas al nuevo desarrollo. Además, es mandatorio, considerar el rango de edad y conocimientos de cómputo de los usuarios.

Un prototipo de las principales funcionalidades a atender se muestra a continuación, ver Figura 24:

- **Un área de indicadores generales:** disponible para toda persona que desee informarse sobre la situación de los trasplantes en México. Esta sección será informativa y contendrá datos como:
  - Total de trasplantes realizados agrupados por año, tipo de órgano, institución y establecimiento.
  - Total de órganos otorgados por donantes voluntarios, vivos, cadavéricos y por decisión familiar.
  - Total de solicitudes de órganos agrupadas por estado y grupo de edad.
  - Total de receptores agrupados por estado, grupo de edad y clasificación de seguimiento pos trasplante.

#### Indicadores Generales



Fig. 24 – Prototipo de indicadores. Fuente: Elaboración propia.



- **Un Menú Principal:** sólo será alcanzable si se logra la validación del inicio de sesión, ver Figura 25. En este se presentarán los módulos y funcionalidades disponibles así como indicadores específicos del rol que tenga asignado la persona que ingresó al sistema.



Fig. 25 – Prototipo de menú principal. Fuente: Elaboración propia.

- **Administración:** todos los datos que se muestren, estarán controlados por una matriz de privilegios, ver Figuras 26 y 27. Esta matriz, permitirá desplegar los campos, dependiendo del nivel de permisos que se tenga. Además, las vistas permitirán ingresar al detalle del registro y a la posible manipulación del mismo (consulta, alta, modificación, baja).

ATA DE PROFESIONAL DE LA SALUD

Apellido Paterno

Apellido Materno

Nombre

Correo

CURP

Cédula

Guardar

Ingrese búsqueda...

Establecimientos

Licencias

Profesionales de la Salud

Donadores

Receptores

Organos

Ayuda

Configuración

Cuenta

Fig. 26 – Prototipo para registro de profesional de la salud. Fuente: Elaboración propia.

Ayuda Configuración Cuenta

BUSCADOR  
Ingrese búsqueda ...

MENU PRINCIPAL

- Establecimientos
- Licencias
- Profesionales de la Salud
- Donadores
- Receptores
- Órganos

## Profesionales de la Salud

PROFESIONALES DE LA SALUD

>

Mostrando 10 registros Búsqueda:

Nombre	Establecimiento	Correo	Especialidad	Fecha de Registro	Detalle
Barney Stinson	Establecimiento 1	barney@himym.com	Pediatría	2008/11/28	Ver
Lily Aldrin	Establecimiento 1	lili@himym.com	Cirugía General	2009/01/12	Ver
Marshall Eriksen	Establecimiento 1	marshall@himym.com	Cirugía Plástica	2011/07/25	Ver
Robin Scherbatsky	Establecimiento 1	robinfalafel@himym.com	Neurocirugía	2012/03/29	Ver
Theodore Evelyn Mosby	Establecimiento 1	ted@himym@himym.com	Pediatría	2011/04/25	Ver
Quinn Flynn	Establecimiento 12	quinn@sony.com	Neurocirugía	2013/03/03	Ver
Cobie Smulders	Establecimiento 4	robin@himym.com	30	Cirugía	Ver
Heather Mosby	Establecimiento 4	Establecimiento 9	Cirugía	2009/09/15	Ver
James Stinson	Establecimiento 6	james@sony.com	Neurocirugía	2012/12/02	Ver
Arthur Hobbs	Establecimiento 7	Edinburgh	Pediatría	2008/12/13	Ver
Nombre	Establecimiento	Correo	Especialidad	Fecha de Registro	Detalle

Mostrando 11 de 20 de 57 registros

ANTERIOR 1 2 3 4 5 6 SIGUIENTE

Fig. 27 – Prototipo de consulta de Profesionales de la Salud. Fuente: Elaboración propia.

- **Búsquedas y filtros:** los módulos del sistema contarán con búsquedas y filtros propios, ver Figura 28. Además, se creará un buscador general que permitirá buscar entre los datos de todo el sistema. Estas herramientas se crearán para facilitar la manipulación de datos y usabilidad del sistema, debido a que se espera almacenar una gran cantidad registros.

Ayuda Configuración Cuenta

BUSCADOR  
Ingrese búsqueda ...

MENU PRINCIPAL  
Establecimientos  
Licencias  
Profesionales de la Salud  
Donadores  
Receptores  
Órganos

## Profesionales de la Salud

PROFESIONALES DE LA SALUD

Mostrando 10 registros Búsqueda: himym

Nombre	Establecimiento	Correo	Especialidad	Fecha de Registro	Detalle
Barney Stinson	Establecimiento 1	barney@himym.com	Pediatría	2008/11/28	Ver
Lily Aldrin	Establecimiento 1	lili@himym.com	Cirugía General	2009/01/12	Ver
Marshall Eriksen	Establecimiento 1	marshall@himym.com	Cirugía Plástica	2011/07/25	Ver
Robin Scherbatsky	Establecimiento 1	robinfalafel@himym.com	Neurocirugía	2012/03/29	Ver
Theodore Evelyn Mosby	Establecimiento 1	ted@himym@himym.com	Pediatría	2011/04/25	Ver
Cobie Smulders	Establecimiento 4	robin@himym.com	30	Cirugía	Ver

Mostrando 1 de 6 de 6 registros (Filtrados de 57 registros)

1

Fig. 28 – Prototipo de uso del buscador. Fuente: Elaboración propia.

## 5.14 Construcción

En esta etapa, se codificarán los productos obtenidos y aprobados en la fase de Diseño. La idea fundamental es codificar un sistema web que permita ser consultado desde cualquier parte del mundo, también se busca generar un producto que se adapte a las necesidades actuales de la sociedad y personal que labora en el CENATRA y los establecimientos autorizados para realizar actividades de banco, procuración y/o trasplante.

Por lo anterior, el sistema a desarrollar se propone sea responsivo, esto es, se podrá controlar desde cualquier dispositivo con acceso a internet sin generar conflictos de interfaz para visualizar los datos y/o algún elemento del sistema. Un ejemplo de la propuesta responsiva puede verse en la Figura 29.





Fig. 29 – Prototipo de interfaz responsiva. Fuente: Elaboración propia.

La arquitectura del sistema seguirá el patrón Modelo-Vista-Controlador (MVC) que se compone de tres partes (Díaz González & Fernández Romero, 2012):

- **Modelo:** representa los datos del programa. Es decir, por cada tabla mostrada en la Figura 23, existe un modelo que la representa.
- **Vista:** gestiona como se mostrarán los datos en la aplicación.
- **Controlador:** determina qué modificaciones deben realizarse en el modelo cuando éste interacciona con la vista.

En cuanto al ambiente de implementación se aconseja el uso de:

- **Dos servidores para producción:** el primero de estos para uso exclusivo de la aplicación, mientras que el otro contendrá la base de datos.
- **Linux como sistema operativo de los servidores<sup>2</sup>:** debido a la robustez de la solución, este sistema operativo permitirá un mejor uso de los recursos físicos y lógicos de los servidores; además, es altamente configurable en el aspecto de seguridad.
- **WebLogic como servidor de aplicaciones<sup>3</sup>:** permitirá la ejecución del sistema.
- **Oracle como motor de BD<sup>4</sup>:** debido a la robustez y seguridad que brinda, se sugiere su uso. Además, la DGTI cuenta con un convenio de licencias que permite que cualquier entidad del gobierno utilice esta herramienta.
- **Grails como framework de desarrollo<sup>5</sup>:** permite obtener un producto que se desarrolle siguiendo la arquitectura MVC propuesta de manera segura, rápida y que permita un adecuado mantenimiento.
- **Bootstrap como framework para las vistas<sup>6</sup>:** permitirá crear una interfaz de usuario responsiva, esto es, el sistema se adaptará a cualquier dispositivo desde el que sea consultado (teléfono móvil, tableta, PC, laptop).

---

<sup>2</sup> ¿Qué es GNU/Linux? <https://www.debian.org/releases/stable/mips/ch01s02.html.es>

<sup>3</sup> <http://www.oracle.com/technetwork/middleware/weblogic/overview/index-085209.html>

<sup>4</sup> Oracle Database de Oracle Corporation

<sup>5</sup> <https://grails.org/>

<sup>6</sup> <http://getbootstrap.com/>

## 5.15 Pruebas

Una vez terminada la etapa de Construcción, se sugieren dos tipos de pruebas sobre cada uno de los módulos construidos:

- **Caja negra:** Durante estas pruebas, la atención se centrará en que los datos que ingresan al módulo generen el resultado esperado.
- **Caja blanca:** Durante estas pruebas, la atención se centrará en que cada funcionalidad del módulo realice la actividad para la cual se construyó.

Además, se recomienda realizar pruebas de integración sobre el conjunto de módulos construidos una vez que estos aprueben las pruebas de caja negra y caja blanca de manera que se logren secuencias completas de ejecución del sistema. Estas pruebas pueden realizarse con la herramienta JMeter<sup>7</sup> que permite realizar pruebas de estrés y rendimiento de la aplicación generada. Con los resultados se podrá asegurar la utilización del sistema por múltiples usuarios de manera concurrente. Ver Figura 30.

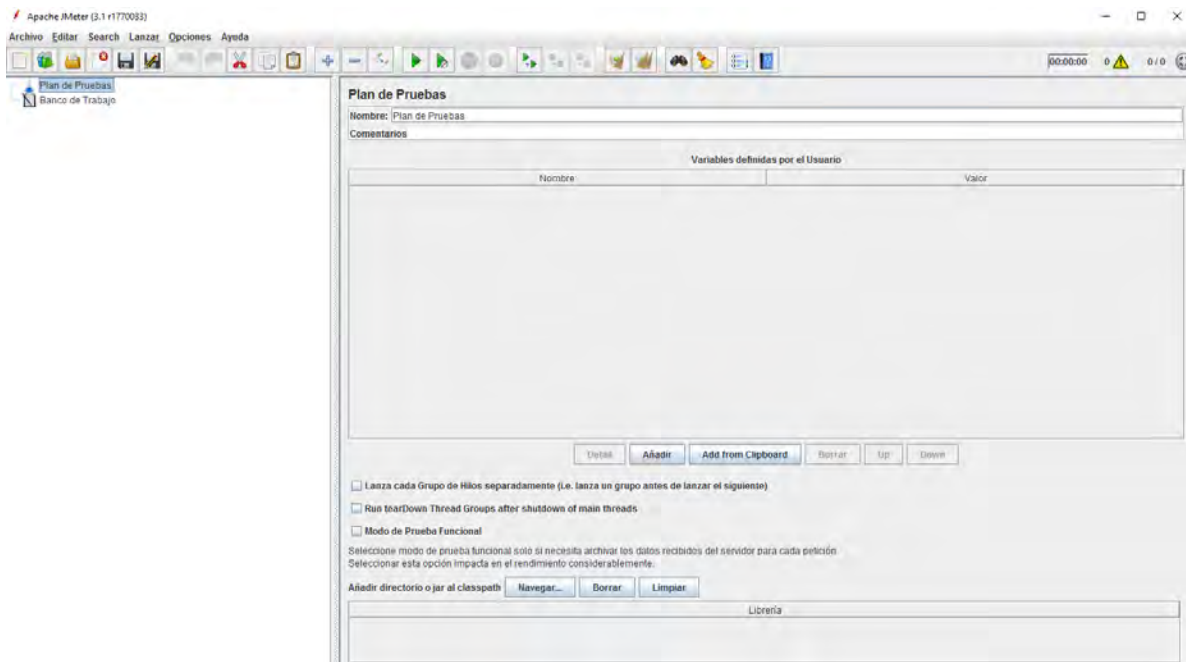


Fig. 30 – Interfaz de JMeter. Fuente: Apache JMeter.

<sup>7</sup> <http://jmeter.apache.org/>

En el capítulo siguiente se detallarán las actividades de verificación y validación sugeridas para que la propuesta se acerque lo más posible a las necesidades del cliente.

## 5.16 Liberación

En busca de que el proceso de liberación sea lo más “transparente” para CENATRA, se deberán realizar entregas parciales y totales de módulos durante el desarrollo. De esta forma, al llegar a la liberación final los módulos estarán probados e integrados, por lo que únicamente se llevará a cabo el protocolo de firmas de entrega y recepción de productos generados durante el proyecto (documentación y código).

### 5.16.1 Servicios Web<sup>8</sup>

De manera paralela a la liberación del sistema, se deberán construir los servicios web que permitirán consumir datos de la base de datos de COFEPRIS y DGIS. Estos servicios permitirán de manera diaria actualizar la información de licencias otorgadas que serán almacenadas en la base de datos de CENTRA para su consulta.

---

<sup>8</sup> Tecnología que utiliza un conjunto de protocolos y estándares que sirven para intercambiar datos entre aplicaciones.

## 6. Verificación y validación de la propuesta

Si bien los sistemas informáticos se crean a partir de una serie de requerimientos que el cliente solicita, hay otros factores que deben ser tomados en cuenta para que el sistema final pueda considerarse un producto viable, funcional y útil. Para lograr la meta anterior, es necesario llevar a cabo un proceso de verificación y validación sobre cada uno de los elementos que componen al sistema. Esto involucra, por ejemplo, verificar y validar los tipos de datos requeridos, las restricciones del negocio y los protocolos de protección de datos que afectan al sistema.

Bajo este entorno, en este capítulo se mostrarán los productos de trabajo relacionados con las principales funcionalidades del sistema propuesto. Tanto los productos de trabajo como las funcionalidades deberán ser verificadas por el equipo a cargo del desarrollo del sistema y validadas por el cliente y los usuarios finales, lo anterior con el objetivo de que el sistema propuesto se apegue lo mejor posible a la serie de requerimientos iniciales.

### 6.1 Oportunidades de mejora atendidas

Las mejoras al SRNT se realizaron con base en la funcionalidad que presentaban las pantallas existentes; de esta manera, se buscó disminuir la resistencia al cambio y facilitar la adaptación del personal que interactúa con el sistema. Esto con la intención de reducir los tiempos de adaptación y capacitación con la nueva plataforma.

Además, la propuesta incluye secciones de libre consulta, que se detectaron como oportunidades de mejora durante el desarrollo. Con lo anterior, se busca brindar libre acceso a la población para que pueda consultar información general como: cómo solicitar un trasplante, dónde se puede llevar a cabo, qué se requiere para registrarse como donador, cómo solicitar un órgano, entre otra información.

### 6.1.1 Establecimientos

Cualquier persona, sin necesidad de estar registrado en el SIRNT, podrá consultar la lista de establecimientos que brindan servicios de registro, procuración, banco y/o trasplante de órganos.

Además, se podrá consultar el detalle del establecimiento; lo anterior, permite cumplir con la ley de transparencia y acceso a la información establecida a nivel federal y que regula el INAI.

En el caso del detalle de los establecimientos, se puso especial atención en evitar duplicidad de programas asociados, completitud de los datos (por ejemplo la dirección del establecimiento), así como la creación de alertas que informarán a CENATRA y COFEPRIS sobre las licencias asignadas.

En este punto, el sistema vigilará el buen uso y aplicación de los servicios autorizados por la licencia sanitaria.

### 6.1.2 Licencias

Las licencias serán generadas y cargadas al SINRT por COFEPRIS, esto permitirá generar alertas que informen a CENATRA sobre el otorgamiento de la misma para que CENATRA cree de manera automatizada el usuario y contraseña que será enviado al responsable sanitario del establecimiento vía correo electrónico.

### 6.1.3 Profesionales de la salud

Con la idea de tener mayor control sobre los profesionales de la salud y dado que los datos para identificarlos (CURP y RFC) resultaron no ser únicos, se solicitó tener más datos para validar los registros en el nuevo sistema. Con lo anterior, se identificaron los datos más sensibles a registrar en la base de datos, mismos que, por cuestiones de privacidad y confidencialidad no se darán a conocer en este trabajo.

#### 6.1.4 Receptores

Se creó un mecanismo de asignación igualitario que priorice el orden de registro así como la urgencia del órgano. Esta propuesta no espera eliminar a los comités internos de los establecimientos, ya que estos deberán aprobar la asignación hecha por el SIRNT.

#### 6.1.5 Servicios web

En busca de disminuir el error humano, se logró un acuerdo con COFEPRIS, este permitirá compartir los datos de los programas, licencias y establecimientos registrados en la base de datos de COFEPRIS de manera automática con la base de datos de CENATRA.

#### 6.1.6 Notificación de errores en licencias y/o datos de establecimientos

Al ingresar por primera ocasión, los responsables sanitarios de cada establecimiento deberán validar los datos de la licencia otorgada, así como los datos del establecimiento al cual están adscritos, en caso de error, bastará con dar un click para que se envíen correos de notificación a CENATRA y COFEPRIS para que se proceda a realizar las correcciones pertinentes.

#### 6.1.7 Aviso de vencimiento de licencias

El SIRNT enviará notificaciones a COFEPRIS, CENATRA y a los responsables sanitarios con base en las fechas de vigencia de las licencias otorgadas, estas notificaciones se mostrarán en el menú inicial de cada tipo de usuario.

### 6.1.8 Vigencia de comités internos de establecimiento

De manera similar al vencimiento de licencias, el SIRNT permite conformar los comités internos de cada establecimiento, almacenando la fecha de registro y asignando una vigencia de permanencia de cada uno de sus miembros con base en criterios de experiencia y la especialidad que tiene asignada. En el menú principal de los responsables sanitarios y de CENATRA, se mantendrán notificaciones sobre el vencimiento de los integrantes de estos comités.

### 6.1.9 Control de responsables sanitarios de traslado en aduanas

El SIRNT proporciona un módulo que permitirá tener responsables de aduanas así como validar a los responsables de traslado que se presentan en cada aduana para recoger órganos y/o tejidos. Este módulo pretende agilizar esta actividad de manera que se cumpla con el tiempo de isquemia de cada órgano y/o tejido.

### 6.1.10 Aplicación móvil para registro de donantes voluntarios.

Se generaron dos aplicaciones móviles, una para el sistema operativo Android<sup>9</sup> y otra para el sistema operativo iOS<sup>10</sup>. Estas aplicaciones buscan promover la cultura de la donación de órganos, además, servirán como medio de registro para tener un control de los donantes voluntarios en México.

## 6.2 Verificación y validación

El proceso de verificación y validación de la propuesta se llevó a cabo incluyendo a las distintas entidades que participaron en el proyecto, la participación y el proceso que siguió de cada una de ellas, se detalla a continuación.

---

<sup>9</sup> [https://www.android.com/intl/es-419\\_mx/](https://www.android.com/intl/es-419_mx/)

<sup>10</sup> <http://www.apple.com/mx/ios/ios-10/>



### 6.2.1 Verificación interna con el equipo de desarrollo

Durante el desarrollo de cada nueva funcionalidad, se realizaron pruebas de caja negra y caja blanca; además, algunos integrantes del equipo de desarrollo estaban dedicados únicamente a la actividad de “testeo” lo que permitía no ser “juez y parte” de las funcionalidades desarrolladas, lo anterior con el fin de reducir al máximo los errores durante la construcción y liberación del SIRNT.

### 6.2.2 Validación con CENATRA

Se realizaron entregas parciales con el CENATRA dado que el desarrollo se proyectó por etapas. Las reuniones con CENATRA se realizaron a la mitad y al finalizar cada una de las fases. Los representantes de CENATRA y los usuarios finales del sistema verificaban que las funcionalidades estuvieran reflejadas de manera correcta en el sistema, basándose en el principio “que haga lo que debe hacer”.

Posteriormente, se dio acceso al módulo para que fuera aprobado por el CENATRA. De esta manera se cumplió un proceso de validación siguiendo un documento denominado “guion de prueba”, estos guiones detallaron el flujo de funcionamiento de los módulos que se estaban entregando. Este último paso se daba con el sistema ya montado en los ambientes proveídos por la DGTI. Un ejemplo de un guion de prueba puede verse en la Figura 31.



## Guion de prueba del sistema

Este documento presenta una serie de pasos para demostrar el funcionamiento de los siguientes casos de uso:

- 1. ABCM Establecimientos
- 2. ABCM Detallado de establecimientos
- 3. ABCM Dependencias
- 4. ABCM Domicilios
- 6. ABCM Licencias
- 7. ABCM Programas
- 16. ABCM Coordinadores de Donación
- 19. ABCM Responsables de traslados

1. Ingresar al sistema como administrador
  - a. Usuario: *admin*
  - b. Contraseña: *+Admin123*

### **CASO DE USO 01 (ABCM Establecimientos)**

2. Agrega un nuevo establecimiento: CENATRA> Establecimientos
  - a. Asigne el número COFEPRIS: 2378
  - b. Asigne el nombre: *Hospital M*
  - c. Institución: *IMSS*
  - d. Asigne la calle *Lirio*
  - e. Asigne el número int. 5
  - f. Asigne el número ext. 9
  - g. Asigne la colonia *Cuauhtémoc*
  - h. Asigne la Delegación *Iztapalapa*
  - i. Asigne el código postal *37444*
  - j. Asigne la entidad *Aguascalientes*
  - k. Guarda los cambios en el sistema
3. Lista los establecimientos
4. Modifica el establecimiento 1/0/0
  - a. Asigne el nombre: *Hospital Metropolitano*
  - b. Cambia la institución a *ISSSTE*
  - c. Cambia el estado a *Campeche*
  - d. Guarda los cambios en el sistema

Fig. 31 – Ejemplo de guion de prueba. Fuente: Proyecto de vinculación "Desarrollo del Sistema Informático del Registro Nacional de Donación y Trasplantes", UNAM, Facultad de Ciencias.

### 6.2.3 Validación del ambiente de implementación con DGTI

Se realizaron entregas parciales durante el desarrollo del proyecto y se mantuvo comunicación durante la ejecución del mismo ya que DGTI estableció el ambiente de implementación en el cual se montaría de manera final el sistema. La comunicación con DGTI se realizó a través de juntas presenciales, video conferencias, llamadas y correos electrónicos. Cuando existía la necesidad de crear un acuerdo, se solicitaba la presencia de CENATRA y se programaba una reunión en sitio o bien a través de video conferencia.

### 6.2.4 Verificación y validación de información con COFEPRIS

Se mantuvo contacto con COFEPRIS para que al igual que el equipo de CENATRA verificara el módulo disponible para ellos; además, se mantuvo comunicación para crear un proceso que de manera automática permitiera el envío de las licencias sanitarias dadas de alta, actualizadas o eliminadas al sistema propuesto. Es importante mencionar, que fue necesario establecer de manera oficial con COFEPRIS que se podrían consumir los datos almacenados por ellos.

### 6.2.5 Validación con el patrocinador del proyecto

La validación por parte del patrocinador consistió en validar los requerimientos y cerciorarse que el CENATRA estaba de acuerdo con los entregables para poder brindar el soporte económico al desarrollo del proyecto. El único aspecto que verificó esta entidad, fue la presentación final del sistema ya que la propuesta inicial guiada con la platilla de gobernación para sistemas de esta índole, no les agradó por lo que se tuvo que modificar y esperar la validación de la misma. El patrocinador estuvo en todas las juntas de pre-liberación y liberación de cada etapa. Además, siempre existió comunicación para generar acuerdos, ya sea marcándoles copia en el caso de los correos electrónicos o bien, se solicitaba su presencia en sitio o vía video conferencia para mantenerlo informado.

## 6.3 Resultados y mejoras esperadas

Como resultado de esta propuesta, se tiene una nueva versión del SRNT, el SIRNT, que ha sido validada por las entidades participantes en el proyecto y que espera ser una herramienta de apoyo para el proceso de donación y trasplante de órganos en el país. Es importante mencionar, que para que el sistema siga siendo útil, se requerirá de una metodología que permita gestionar y ejecutar un proceso de mejora continua; ya que la versión que se entregará no debe considerarse como “la versión final”, de hecho, ningún sistema informático debe considerarse cerrado en su desarrollo una vez liberado y puesto en producción. Éste deberá ser mantenido de manera continua para que se siga adaptando a las necesidades cambiantes de las organizaciones y, en el caso de CENATRA, a los avances médicos y a las necesidades de la sociedad mexicana. Las nuevas funcionalidades aplicadas en el SIRNT así como su utilidad se detallan en las siguientes subsecciones.

### 6.3.1 Integridad de la información

Se añadió un mecanismo que permitirá identificar de manera única a cada persona registrada en la base de datos del SIRNT, esto para combatir la inconsistencia de datos que brindan las CURPs al existir claves repetidas. Además, se logró un acuerdo con COFEPRIS y DGTI para compartir vía servicios web datos de la base de datos de COFEPRIS a la de CENATRA de manera automática y programada en busca de reducir el error humano durante la captura de estos.

### 6.3.2 Seguridad y control de accesos

Se creó la funcionalidad que permitirá mantener un registro de inicio de sesión por persona, combatiendo la compartición de usuarios por establecimiento que existía. Por otro lado, se añadió una bitácora a nivel de clics que se realizan dentro del sistema que permite almacenar toda la actividad que un usuario realiza en el SIRNT.

Finalmente, se mantendrá registro de toda modificación que se realice a nivel registro, almacenando fecha, hora, usuario y valores pasados como parámetros a los atributos modificados.

### 6.3.3 Reducción de tiempos

A través de las mejoras al RNT, asignación de órganos y las funcionalidades de aduana, se busca reducir el tiempo de asignación de órganos, traslado y registro como donante voluntario. Esto con el fin de hacer más ágil el proceso y evitar los trámites burocráticos ya que todo estará registrado en el SIRNT.

### 6.3.4 Control de donantes voluntarios

Se creó una aplicación para el sistema operativo Android y iOS que permitirá acercar la actividad de donación y trasplante de órganos a la sociedad mexicana que posee un dispositivo móvil. Además, se mejoró el RNT permitiendo que los deseos de donación voluntaria sean conocidos por los familiares tras la muerte de una persona.

### 6.3.5 Asignación de órganos

Se creó un algoritmo que permite asignar con base en el tiempo de espera y urgencia un órgano. Esto con la finalidad de lograr una asignación justa y libre de órganos y tejidos. Más información sobre estos algoritmos puede encontrarse en las tesis: “Implementación y optimización del proceso para resolver el problema de asignación de órganos usando programación entera” (Gutiérrez Ruiz, 2016) y “Sistema de asignación renal para el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán” (Bautista Ruiz, 2015).

#### 6.3.4 Problemáticas identificadas durante los ciclos de ingeniería IAT

Los ciclos de ingeniería permitieron mitigar o identificar problemas a los que se enfrentan la mayoría de los proyectos de desarrollo de software. Entre los más importantes se tienen los siguientes:

- Resistencia al cambio por parte del personal operativo.
- Necesidades difusas por parte del personal operativo.
- Cambios a requerimientos ya aprobados.
- Identificación de oportunidades de mejora tanto humanas como técnicas.
- Falta de infraestructura necesaria para recibir la solución esperada.

El haber trabajado con ciclos de ingeniería que concluían con liberaciones, permitió a los stakeholders retroalimentar al equipo de trabajo con lo detectado en las pruebas y evaluación del artefacto inmediato anterior, esto permitió incrementar el conocimiento del negocio y mejorar el proceso propuesto.

Los resultados anteriores se pueden tomar como guía para personas que buscan realizar una reingeniería de procesos en alguna organización.

#### 6.4 Limitantes

Durante el desarrollo de este proyecto, se encontraron algunos problemas que o limitaron el alcance del proyecto u obstaculizaron el adecuado avance del mismo, las dificultades presentadas fueron:

- CURPs repetidos. La clave única de registro de población asignada por la Dirección General del Registro Civil, no es un dato que pueda considerarse único.
- Migración de datos actuales a la nueva versión propuesta. En la base de datos se encontraron programas que permitían realizar la misma actividad pero con diferente nombre; establecimientos que tenían más de un nombre, datos que no cumplían algún patrón que permitiera dividirlos para una mejor manipulación y almacenamiento, por ejemplo la dirección estaba almacenada en una sola cadena.

- Acceso a internet y/o teléfono inteligente por parte de la población. Una de las propuestas de mejora para el registro de donadores voluntarios, se centra en aprovechar el amplio uso de los teléfonos inteligentes y la cada vez mayor conectividad de la población. Por lo tanto, ofrecer una aplicación que permita a cualquier persona con acceso a un dispositivo e internet, registrarse como donador voluntario, permitirá tener un mayor control sobre esta loable actitud, además de tener un registro digital que facilitará la toma de decisiones del médico y la familia llegado el momento.
- Coordinar el trabajo entre 4 entidades. No sólo se trataba de organizar a un equipo, había que coordinar a 4 partes importantes en el desarrollo de la propuesta: COFEPRIS, CENATRA, DGTI y el equipo de desarrollo. Colaborar con 3 entidades que mantienen sus propios procesos y actividades, es una tarea altamente compleja al momento en que se deben coordinar para trabajar por un objetivo común.

## 7. Conclusiones y trabajo futuro

Tras el desarrollo de esta propuesta se puede reafirmar la importancia que tienen las soluciones de TI como herramienta de apoyo en los procesos y actividades de cualquier entidad. Este trabajo permite resaltar que la tecnología no obliga a prescindir de los recursos humanos, pero si optimiza los tiempos y esfuerzos necesarios para que las personas realicen sus actividades.

Además, se confirma que las herramientas de TI son multidisciplinarias y que por ello una solución basada en TI siempre será más efectiva si se incluyen en el equipo de trabajo tanto expertos en tecnología como expertos en el proceso de negocio que se pretende automatizar.

Respondiendo a la pregunta de investigación planteada en el capítulo 3 de este trabajo, los problemas a los que una organización se enfrenta al hacer una reingeniería de procesos que involucra un sistema informático fueron: la resistencia al cambio (aspecto social) fue el mayor de los problemas a los que se enfrentó la organización cuando buscó una reingeniería de procesos. Esta resistencia afectó el ánimo e interés de varios de los involucrados, situación que puede llevar al fracaso de un proyecto.

Al estar involucrada una herramienta informática emergieron problemas técnicos, como la falta de capacitación y capacidad del personal. A través de la IAT, la organización tiene la oportunidad de integrar a su día a día el uso de la herramienta, lo que facilitaría el aprendizaje de ésta y permitirá maximizar su beneficio.

Al término de cada ciclo de ingeniería, se pudieron identificar en mayor o menor impacto otros problemas. Sin embargo, los mencionados anteriormente resultan ser los de mayor importancia y a los que una organización debe prestar especial atención.

Por otra parte, demostró que todo proceso de negocio es susceptible a ser mejorado, por ello no deben considerarse como versiones finales tras su puesta en marcha, sino que éstos deben ser mantenidos, actualizados e incluso sustituidos con el fin de que se adapten a las necesidades de la época.



La innovación se hizo presente a través de la mejora del SRNT y la creación de las aplicaciones para Android e iOS. Por otro lado, se alineó el SIRNT a la estrategia, misión y visión del CENATRA. Creando en conjunto una solución actual, eficiente y eficaz que vincula la tecnología y los procesos administrativos. Y lo más importante, avalada por expertos del área médica y tecnológica

Por otro lado, en el caso específico del CENATRA, las mejoras propuestas en esta tesis pretenden servir de base para apoyar sus procesos y reducir la complejidad inherente que implica la donación, procuración y trasplante de órganos y tejidos.

En mi caso, me permitió aprender nuevas herramientas de TI como Grails, Mantis, Oracle, GIT, entre otras, y acercarme al mundo de la medicina que no es del todo ajeno para mí, dado que trabajo con y para médicos. Sin embargo, tuve que investigar, leer y aprender sobre el proceso de donación y trasplantes, no sólo de México sino en otros países donde esta actividad es más recurrente y se encuentra más avanzada.

Además, la interacción con equipos de trabajo de diferentes entidades permitió que aprendiera a tratar con personas que no siempre son técnicas o involucradas en el medio para el que se está desarrollando, como fue el caso de los patrocinadores; esto me llevo a buscar soluciones de TI que permitieran un mejor entendimiento con ellos. Sin duda el estar involucrado en un proyecto de tal magnitud me permitió poner en práctica lo aprendido durante la maestría al orientar la propuesta del SIRTN como una herramienta de apoyo a los procesos de CENATRA y su interacción con otras entidades como COFEPRIS y DGTI.

Finalmente, como trabajo futuro, la propuesta de mejora presentada será una de las fuentes de información principales para construir el nuevo SIRNT del CENATRA, que se espera sea liberado en el transcurso de 2017.

Este trabajo se gestó con una visión altruista, por lo que siempre se buscó que sus resultados trajeran beneficios directos para los miles de mexicanos que se encuentran en espera de un órgano, y creo que el nuevo SIRNT logrará dicho propósito.

## Anexo I – Detalle de riesgos identificados.

En esta sección se presentan los riesgos del proyecto detectados antes y durante la ejecución del mismo. Estos riesgos fueron definidos desde la perspectiva del equipo de desarrollo.

### AI.1 Problemas en el entendimiento de los requerimientos

<b>Descripción:</b> Problemas en el entendimiento de los requerimientos y/o el proceso de negocio dada su alta complejidad.
<b>Tipo de amenaza:</b> <i>Mixta</i>
<b>Entidad que la genera:</b> CENATRA, DGTI
<b>Probabilidad de ocurrencia:</b> <i>Media</i>
<b>Impacto:</b> <i>Alto</i>
<b>Descripción del impacto:</b> Se podría diseñar y desarrollar un sistema con funcionalidades no solicitadas.
<b>Evento que lo provoca:</b> Se especifican mal los requerimientos de software o ambiente de producción.
<b>Plan de mitigación:</b> Realizar reuniones suficientes que permitan aclarar los requerimientos del sistema y ambiente de producción. Además, se mantendrá comunicación vía correo electrónico con la finalidad de resolver dudas que se generen en tiempo real.
<b>Plan de contingencia:</b> Ajustar el alcance y calendarización del proyecto con base en la reasignación de tareas y recursos.

## AI.2 Retraso en la liberación del ambiente de producción

<p><b>Descripción:</b> Retraso en la liberación del ambiente de producción, dado que en proyectos federales la infraestructura es una responsabilidad ajena al equipo que desarrolla el sistema.</p>
<p><b>Tipo de amenaza:</b> <i>Externa</i></p>
<p><b>Entidad que la genera:</b> DGTI</p>
<p><b>Probabilidad de ocurrencia:</b> <i>Alta</i></p>
<p><b>Impacto:</b> <i>Alto</i></p>
<p><b>Descripción del impacto:</b> No se podrán realizar pruebas en el ambiente de producción antes de las liberaciones finales, podría incluso no poder liberarse el sistema en caso de que la liberación no se realice en tiempo para la entrega final.</p>
<p><b>Evento que lo provoca:</b> La DGTI no proporciona el ambiente final de producción a tiempo.</p>
<p><b>Plan de mitigación:</b> CENATRA mantendrá comunicación constante con la DGTI para saber el estado en que se encuentra la liberación. En caso de posible retraso, informará al equipo de desarrollo y argumentará a DGTI la importancia de contar con el equipo.</p>
<p><b>Plan de contingencia:</b> El equipo de desarrollo implementará un ambiente de desarrollo idéntico al ambiente final para producción con los recursos tecnológicos con los que cuenta.</p>

### AI.3 Cambios posteriores a la entrega

<b>Descripción:</b> Cambios solicitados por el CENTRA posteriores a la entrega de los de los módulos.
<b>Tipo de amenaza:</b> <i>Externa</i>
<b>Entidad que la genera:</b> CENATRA
<b>Probabilidad de ocurrencia:</b> <i>Baja</i>
<b>Impacto:</b> <i>Alto</i>
<b>Descripción del impacto:</b> Se deberán implementar las modificaciones solicitadas en el sistema y base de datos en caso de ser necesario. Podría provocar la realización de manera parcial o completa de algunas funcionalidades.
<b>Evento que lo provoca:</b> CENATRA informa cambios durante la entrega o bien no se especificaron de manera adecuada los requerimientos.
<b>Plan de mitigación:</b> Mantener comunicación constante con CENATRA para evitar ambigüedad en los requerimientos. Realizar reuniones a mitad de cada etapa para mostrar y autorizar avances.
<b>Plan de contingencia:</b>

#### AI.4 Problemas de cooperación, coordinación y/o comunicación entre entidades

<b>Descripción:</b> Problemas de cooperación, coordinación y/o comunicación entre las entidades involucradas en el desarrollo del proyecto.
<b>Tipo de amenaza:</b> <i>Mixta</i>
<b>Entidad que la genera:</b> COFEPRIS, CENATRA, DGTI, Equipo de desarrollo
<b>Probabilidad de ocurrencia:</b> <i>Media</i>
<b>Impacto:</b> <i>Alto</i>
<b>Descripción del impacto:</b> Se pueden generar múltiples versiones de requerimientos, entregas, liberaciones y reuniones.
<b>Evento que lo provoca:</b> Mala calendarización y mala definición de canales de comunicación entre entidades participantes.
<b>Plan de mitigación:</b> Durante las reuniones se generarán minutas. La comunicación fuera de reuniones se realizará vía correo electrónico con copia a una persona asignada de cada entidad.
<b>Plan de contingencia:</b> <b>Convocar</b> a reunión en el momento en que se detecte la primera anomalía o incumplimiento de protocolo de comunicación.

## AI.5 No contar con los servicios web

<b>Descripción:</b> No contar a tiempo con los servicios web que permitirán la interacción de bases de datos de COFEPRIS y CENATRA.
<b>Tipo de amenaza:</b> <i>Externa</i>
<b>Entidad que la genera:</b> COFEPRIS, DGIS
<b>Probabilidad de ocurrencia:</b> <i>Media</i>
<b>Impacto:</b> <i>Alto</i>
<b>Descripción del impacto:</b> Los módulos que requieran de estos datos, no podrán desarrollarse o probarse.
<b>Evento que lo provoca:</b> COFEPRIS Y DGIS no proporcionan en tiempo los servicios web.
<b>Plan de mitigación:</b> CENATRA solicitará los servicios web argumentando la importancia de estos para el desarrollo del proyecto.
<b>Plan de contingencia:</b> Crear datos de prueba simulando los datos que serán consumidos por los servicios.

## AI.6 Falta de tiempo

<p><b>Descripción:</b> Que cualquiera de las entidades participantes no cuente con disponible para atender reuniones, entregas, pruebas, validaciones o desarrollo del sistema.</p>
<p><b>Tipo de amenaza:</b> <i>Mixta</i></p>
<p><b>Entidad que la genera:</b> COFEPRIS, CENATRA, DGTI, Equipo de desarrollo</p>
<p><b>Probabilidad de ocurrencia:</b> <i>Media</i></p>
<p><b>Impacto:</b> <i>Retraso en el cumplimiento de la planeación del proyecto.</i></p>
<p><b>Descripción del impacto:</b> Las entregas podrían retrasarse, los módulos podrían no estar en tiempo.</p>
<p><b>Evento que lo provoca:</b> Informar con poca anticipación la realización de reuniones; mala calendarización, retraso en tareas previas.</p>
<p><b>Plan de mitigación:</b> Notificar con anticipación la realización de reuniones. Calendarizar de manera real y consiente.</p>
<p><b>Plan de contingencia:</b> El equipo de desarrollo ajustará el calendario del proyecto de manera que se cumpla con los tiempos establecidos al principio del desarrollo.</p>

## AI.7 Cambio en el alcance del proyecto

<b>Descripción:</b> El alcance del proyecto definido al comienzo varía durante la ejecución del mismo.
<b>Tipo de amenaza:</b> <i>Externa</i>
<b>Entidad que la genera:</b> CENATRA
<b>Probabilidad de ocurrencia:</b> <i>Media</i>
<b>Impacto:</b> <i>Alto</i>
<b>Descripción del impacto:</b> Podría provocar retraso en las entregas parciales o de alguna etapa al no contar con los recursos humanos y/o tecnológicos para cumplir en el nuevo tiempo solicitado.
<b>Evento que lo provoca:</b> CENATRA solicita modificación de las fechas, funcionalidades o entregables.
<b>Plan de mitigación:</b> Realizar reuniones con CENATRA con el fin de especificar de manera detallada los requerimientos así como establecer fechas de entrega y acuerdo para las liberaciones de las etapas identificadas.
<b>Plan de contingencia:</b> Se analizará a través del documento de control de cambios generado para el desarrollo del proyecto.



## AI.8 Fallas de funcionalidades liberadas durante el desarrollo

<b>Descripción:</b> Alguna de las funcionalidades del sistema deja de funcionar tras haberse liberado o tras considerarse terminada por equipo de desarrollo.
<b>Tipo de amenaza:</b> <i>Interna</i>
<b>Entidad que la genera:</b> Equipo de desarrollo
<b>Probabilidad de ocurrencia:</b> <i>Baja</i>
<b>Impacto:</b> <i>Alto</i>
<b>Descripción del impacto:</b> Se deberá regresar el desarrollo a una versión funcional previa.
<b>Evento que lo provoca:</b> Alguna funcionalidad deja de funcionar.
<b>Plan de mitigación:</b> Se mantendrá un servidor GIT <sup>11</sup> que funcionará como repositorio del proyecto y control de versiones. Se realizará <i>push</i> <sup>12</sup> únicamente cuando una funcionalidad esté probada y liberada por el equipo de desarrollo. Se realizará <i>pull</i> <sup>13</sup> en todos los equipos de desarrollo para que siempre se tenga la última versión en todos los equipos.
<b>Plan de contingencia:</b> Se restaurará la versión funcional previa que se tenga en el repositorio.

<sup>11</sup> <https://git-scm.com/>

<sup>12</sup> <https://git-scm.com/docs/git-push>

<sup>13</sup> <https://git-scm.com/docs/git-pull>

## AI.9 Migración de datos existentes

<b>Descripción:</b> No lograr la migración de los datos existentes al SIRNT.
<b>Tipo de amenaza:</b> <i>Interna</i>
<b>Entidad que la genera:</b> Equipo de desarrollo, CENATRA
<b>Probabilidad de ocurrencia:</b> <i>Media</i>
<b>Impacto:</b> <i>Alto</i>
<b>Descripción del impacto:</b> No se podrá liberar el nuevo SIRNT hasta no tener todos los datos existentes migrados.
<b>Evento que lo provoca:</b> Errores durante la carga de datos existentes a la nueva versión de la base de datos del SIRNT.
<b>Plan de mitigación:</b> Se proveerán los diccionarios de datos así como el esquema final de la base de datos al área técnica de CENATRA, además se considera una etapa dentro del cronograma para realizar esta actividad.
<b>Plan de contingencia:</b> CENATRA asignará recursos humanos y monetarios para la contratación de personal especializado que apoye la migración.

## AI.10 Administración del cambio

<b>Descripción:</b> El cambio de versión del SIRNT genera problemas de adaptación entre los usuarios finales.
<b>Tipo de amenaza:</b> <i>Externa</i>
<b>Entidad que la genera:</b> <b>Usuarios del SIRNT</b>
<b>Probabilidad de ocurrencia:</b> <i>Media</i>
<b>Impacto:</b> <i>Alto</i>
<b>Descripción del impacto:</b> Los usuarios dejan de realizar sus actividades diarias en el sistema, retrasando el proceso de donación y trasplantes de órganos en el país.
<b>Evento que lo provoca:</b> Los usuarios finales no encuentran usable la nueva versión del SIRNT.
<b>Plan de mitigación:</b> Se tendrán líneas de ayuda en CENATRA; además, se prepararán sesiones de capacitación para todos los usuarios organizadas por la parte técnica de CENATRA. El equipo de desarrollo generará manuales de uso por cada tipo de usuario.
<b>Plan de contingencia:</b> El área técnica de CENATRA coordinará una mesa de ayuda con apoyo de servicios sociales capacitados por el equipo de desarrollo.

## Anexo II – Casos de uso identificados

Los casos de uso identificados tras el análisis de requerimientos se listan a continuación:

1. Establecimientos
2. Instituciones
3. Domicilios
4. Catálogos
5. Licencias
6. Programas
7. Roles
8. Cuentas de usuario
9. Personas
10. Teléfonos
11. Perfil de usuarios
12. Validación de datos
13. Cirujanos
14. Coordinadores de donación
15. Responsables sanitarios
16. Responsables de programas
17. Responsables de traslados
18. Comités internos
19. Alertas
20. Bitácoras
21. Donantes voluntarios
22. Permisos de internamiento
23. Bancos
24. Responsables de bancos
25. Aduanas
26. Responsables de aduanas
27. Tejidos y órganos

28. Centros estatales de trasplantes

29. Coordinaciones institucionales de trasplantes

30. Sobrevida

Debido a políticas de privacidad de datos, el detalle de los casos de uso no se abordará en este trabajo.

## Anexo III – Acrónimos

**AOPO:** Association of Organ Procurement Organizations.

**BPMN:** Business Process Model and Notation.

**CENATRA:** Centro Nacional de Trasplantes.

**CETras:** Centros Estatales de Trasplantes.

**CHD:** Coordinador Hospitalario de Donación.

**COFEPRIS:** Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios.

**CURP:** Clave Única de Registro de Población.

**DGIS:** Dirección General de Información en Salud.

**DOF:** Diario Oficial de la Federación.

**EUA:** Estados Unidos de América.

**IMSS:** Instituto Mexicano del Seguro Social.

**IFAI:** Instituto Federal de Acceso a la Información y Protección de Datos.

**INAI:** El Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales.

**INCUNCAI:** Instituto Nacional Central único Coordinador de Ablación e Implante.

**LGS:** Ley General de Salud.

**MVC:** Modelo-Vista-Controlador.

**ONT:** Organización Nacional de Trasplantes.

**PbD:** Privacy by Design.

**PDF:** Portable Document Format.

**RNT:** Registro Nacional de Trasplantes.

**RFC:** Registro Federal de Contribuyentes.

**RS:** Responsable Sanitario.

**RT:** Responsables de Traslados.

**SINTRA:** Sistema Nacional de Información de Procuración y Trasplante de la República Argentina.

**SIRNT:** Sistema Informático del Registro Nacional de Trasplantes.

## Referencias

- Avison, D., Lau, F., Myers, M., & Nielse, P. A. (1999). Action Research. *Communications of the ACM*, 94-97.
- Basili, V., Costa, P., Lindvall, M., Mendonca, M., Seaman, C., Tesoriero, R., & Zelkowitz, M. (2011). An experience management system for a software engineering research organization. *Annual NASA Goddard Software Engineering*, 26-35.
- Baskerville, R. L. (1999). Investigating information systems with action research. *Comunications of the Association for Information Systems*, 32.
- Bautista Ruiz, J. Á. (2015). *Sistema de asignación renal para el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán*. Ciudad de México, México: UNAM.
- Cavoukian, A. (2009). Privacy by Design The 7 Foundational Principles Implementation and Mapping of Fair Information Practices. *Information & Privacy Commissioner*.
- CEETRA. (2016, 07 11). *Centro Estatal de Trasplantes, Hidalgo*. Retrieved from CEETRA: [http://s-salud.hidalgo.gob.mx/?page\\_id=2267](http://s-salud.hidalgo.gob.mx/?page_id=2267)
- COFEPRIS. (2016, 12 21). *COFEPRIS*. Retrieved from COFEPRIS: <http://www.cofepris.gob.mx/AS/Paginas/Establecimientos%20y%20productos%20biologicos/AvisoResponsableSanitario.aspx>
- Díaz González, Y., & Fernández Romero, Y. (2012). Patrón Modelo-Vista-Controlador. *Revista digital de las tecnologías de la información y comunicaciones*, 47-57.
- Federación, D. O. (2011, 10 25). *Diario Oficial de la Federación*. Retrieved from Diario Oficial de la Federación: [http://www.dof.gob.mx/avisos/2091/SALUD\\_121211/SALUD\\_121211.htm](http://www.dof.gob.mx/avisos/2091/SALUD_121211/SALUD_121211.htm)
- Federacion, D. O. (2014, 03 26). *Diario Oficial de la Federacion*. Retrieved from Diario Oficial de la Federacion: [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5338349&fecha=26/03/2014](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5338349&fecha=26/03/2014)
- Genero Bocco, M., Cruz-Lemus, J. A., & Piattini Velthuis, M. G. (2014). *Métodos de investigación en ingeniería del software*. Madrid, España: Ra-Ma.
- Gutiérrez Ruiz, A. (2016). *Implementación y optimización del proceso para resolver el problema de asignación de órganos usando programación entera*. Ciudad de México, México: Universidad Nacional Autónoma de México.

- IBM. (2017, 08 24). *Rational unified process best practices for software development teams*. Retrieved from [https://www.ibm.com/developerworks/rational/library/content/03July/1000/1251/1251\\_bestpractices\\_TP026B.pdf](https://www.ibm.com/developerworks/rational/library/content/03July/1000/1251/1251_bestpractices_TP026B.pdf)
- INCUNCAI. (2016, 09 06). *INCUNCAI*. Retrieved from INCUNCAI: <http://www.incuca.gov.ar/>
- (2012). *ISO/IEC Software engineering lifecycle profiles for very small entities (vses) part 5-1-1: Management and engineering guide: generic profile group: Entry profile*. ISO/IEC, Technical Report.
- Kruchten, P. (2003). *Rational Unified Process, The: An Introduction, 3rd Edition*. Boston, MA, USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co.
- Lola Andreu Periz, E. F. (2004). *La Enfermería y el Trasplante de Órganos*. Madrid, España: Editorial Medica Panamericana.
- OMG. (2016, 12 30). *Object Mngement Group*. Retrieved from Object Mngement Group: <http://www.omg.org/spec/BPMN/2.0/>
- Organización Nacional de Trasplantes*. (2016, 09 06). Retrieved from Organización Nacional de Trasplantes: <http://www.ont.es/informacion/Paginas/Trasplante.aspx>
- Runeson, P., Höst, M., Rainer, A., & Regnell, B. (2012). *Case study research in software engineerign*. New Jersey, United States: WILEY.
- Salud, S. d. (2001). *Programa de Acción: Trasplantes*. México, D.F.
- Salud, S. d. (2016, 04 30). *Secretaría de Salud*. Retrieved from Secretaría de Salud: <http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/legis/lgs/index-t14.htm>
- SEDATU. (2016, 12 8). *Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano*. Retrieved from Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano: <http://www.ran.gob.mx/ran/index.php/nuestros-sistemas/intranet/maagtic/ique-es-maagtic>
- Socia, U. D. (2016, 08 22). *U.N.A.M. Dirección General de Comunicación Socia*. Retrieved from U.N.A.M. Dirección General de Comunicación Socia: [http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2012\\_090.html](http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2012_090.html)
- Sommerville, I. (2005). *Ingeniería del Software*. Madrid, España: Pearson.
- Sutherland, J. (2014). *SCRUM The Art of Doing Twice the Work in Half the time*. New York, United States: Crow Business.
- Trasplantes, C. N. (2016, 04 03). *www.cenatra.gob.mx*. Retrieved from CENATRA: [http://www.cenatra.salud.gob.mx/interior/acerca\\_cenatra\\_mision\\_vision.html](http://www.cenatra.salud.gob.mx/interior/acerca_cenatra_mision_vision.html)



- Trasplantes, O. N. (2016, 04 08). *Organización Nacional de Trasplantes*. Retrieved from Organización Nacional de Trasplantes:  
<http://www.ont.es/Paginas/Home.aspx>
- Unión, C. d. (Última reforma 16-12-2016). *Ley General de Salud*. Estados Unidos Mexicanos: Diario Oficial de la Federación.
- Wieringa, R., & Morali, A. (2012). Technical Action Research as a Validation Method in Information Systems Design Science. *Design Science Research in Information Systems. Advances in Theory and Practice* , 220-238.
- Wieringa, R. (2014). Empirical research methods for technology validation: . *Journal of Systems and Software*, 19–31.
- Wieringa, R., & Morali, A. (2012). Technical action research as a validation method in information systems design science. In Springer-Ver-lag, *In Proceedings of the DESRIST'12* (pp. 220–238).