

# “Ambiente Integral para fortalecer la seguridad de la información en los sistemas de la Universidad de Guadalajara”

## Resumen ejecutivo:

El proyecto Blockchain de la UDG se inscribe en la categoría de Innovación de la gestión mediante las TIC, el cual busca aumentar la seguridad de la información, proteger la privacidad de la misma y obtener una evolución significativa en la implementación y adopción de las tecnologías de información. Su objetivo es proveer una mejora en el servicio de transacciones electrónicas, así como la confiabilidad y seguridad de las mismas. El proyecto impacta a la Red Universitaria en la mejora de la competitividad y seguridad de la información de los sistemas de la institución. El primer sistema que usó la Red Privada Blockchain RPB es el Sistema de Entrega-Recepción Universitario SERU, este permite llevar el control y seguimiento del proceso de registro de información de las Entregas-Recepción de los cambios de puestos en la administración de la UDG. El problema que atiende el proyecto es que no existía un mecanismo de protección para la integridad de los expedientes electrónicos los cuales requieren de la trazabilidad en sus transacciones, registros únicos y no alterables. El equipo de trabajo fue multidisciplinario conformado por 36 personas, su alcance es estatal y tiene una proyección nacional. Los usuarios afectados por la práctica resultante son 2916 con 4356 expedientes vinculados con la RPB. Una vez cerrado el expediente se propaga en la RPB donde se identifica mediante un consenso con los nodos si el documento es integro, de ser así se confirma la validación.

## Palabras clave:

Blockchain, cadena de bloque, contrato inteligente, sistema, tecnología, transacción, criptografía, algoritmo, plataforma de desarrollo, red descentralizada, criptomoneda, seguridad, trazabilidad, comunidad SNMP, monitor, usuario y expediente.

## Categoría de inscripción:

La categoría en la que se inscribe el proyecto es “Innovación de la gestión mediante las TIC” debido a que busca tener una evolución significativa e innovadora en la implementación y adopción de las tecnologías de información.

Adicional a lo anterior, una de las principales características de la Red Privada Blockchain –RPB- es la personalización, debido a que el proyecto consiste en incorporar la tecnología Blockchain para fortalecer la plataforma de desarrollo de software de la Coordinación General de Tecnologías de

Información –CGTI- de la Universidad de Guadalajara, y así ofrecer un servicio robusto y seguro para el desarrollo de sistemas que cumplan las necesidades de los procesos de la Universidad de Guadalajara.

Para finalizar, la mejora de sistemas también forma parte de las principales características del proyecto, debido a que la RPB permite realizar transacciones no financieras, confiables y de manera segura, agiliza la administración de los actores en la red, evita la manipulación de información y reduce la duplicidad de trabajo en el desarrollo de los sistemas de información

### Necesidades que originan el proyecto:

La Red Privada Blockchain permite garantizar que la información de cualquier sistema que haga uso de la misma sea íntegra, logrando así detectar si tuvo o no modificaciones por algún usuario. Su característica principal es la inmutabilidad, certeza y transparencia para la Universidad de Guadalajara.

La Implementación de la tecnología Blockchain en la Universidad de Guadalajara surge de la necesidad de que los usuarios de diversos sistemas de la institución cuenten con mayor certeza en la integridad de la información que transita por la red.

Con respecto a la incorporación del Sistema de Entrega-Recepción Universitario –SERU- a la RPB surgió de la necesidad de reducir sustancialmente el uso de papel físico y aumentar la seguridad de la información almacenada en los expedientes cerrados, los cuales requieren de la trazabilidad en sus transacciones, registros únicos y no alterables.

A continuación, se muestra brevemente el contexto general de la tecnología, así como algunos beneficios logrados con dicha implementación.

Blockchain suele considerarse como una base de datos distribuida que registra bloques de información y los entrelaza para facilitar la recuperación de la información y la verificación de que esta no ha sufrido modificación alguna. Este solo puede ser actualizado a partir del consenso de la mayoría de participantes y, una vez introducida, la información nunca podrá ser borrada [1].

Los procesos que se pueden implementar en la Red Privada Blockchain son:

- Transacciones que requieren trazabilidad y **exigen registros únicos y no alterables,**
- Procesos de identidad, y
- Nuevos modelos de negocio.

Es importante hacer énfasis en la decisión que se tomó en la institución para generar e implementar un concepto diferente de la tecnología Blockchain. Dicho de otra forma, *hablar de la tecnología Blockchain no es hablar de criptomonedas*, es decir, generalmente al buscar información acerca de la tecnología Blockchain, esta hace referencia a las criptomonedas, siendo que son el resultado de la implementación de un contrato inteligente. De manera que un contrato inteligente se encuentra sobre una plataforma tecnológica, por lo que se conoce como Blockchain o cadena de bloques.

La Universidad de Guadalajara cuenta con una cantidad extensa de sistemas diseñados, desarrollados e implementados sobre una plataforma de desarrollo propia de la CGTI, la cual permite cumplir diversas necesidades de la institución, debido a que se tienen sistemas y/o aplicaciones hechos a la medida. Una vez mencionado lo anterior, se optó por seguir la misma directriz, es decir, diseñar, desarrollar e implementar una plataforma de tecnología Blockchain segura y hecha a la medida para la red universitaria, así como un monitor para la Red Privada Blockchain y la creación de la comunidad SNMP con la herramienta PRTG Network.

El monitor para la Red Privada Blockchain es un componente de la misma red, el cual consiste en monitorear los nodos participantes, este hecho con tecnologías diferentes a las que se utilizan en la CGTI y sus características principales son: la integración, el rendimiento, seguridad, sincronización y la tolerancia a fallas.

La implementación de la comunidad SNMP con la herramienta PRTG Network consiste en una comunidad específica para la RPB y permite monitorear 100 sensores de red de los nodos participantes, está configurada con los parámetros de dominio, IPV4, IPV6 y el tipo de servidor – virtual y/o físico-.

Cabe mencionar que el tiempo de servicio de la práctica resultante es de 12 meses.

### Objetivos específicos:

Dentro de los objetivos específicos de la RPB, se encuentran:

- Fortalecer la confianza de los usuarios en la gestión de transacciones electrónicas a través de los sistemas de información de la Universidad de Guadalajara,
- Contar con un servicio de transacciones electrónicas que sea integro, seguro, confiable y homogéneo,
- Implementar un proceso de mejora en la alineación de los sistemas de información de la Universidad de Guadalajara, al generar transacciones electrónicas, y
- Reducir la duplicidad de trabajo en el diseño, desarrollo e implementación de sistemas de información.
- Determinar a través un monitor que nodos participantes se encuentran activos y cuales se encuentran sincronizados, así como poder validar transacciones.
- A través de la herramienta SNMP con la herramienta PRTG Network determinar la salud de los nodos participantes.

### Alcance del proyecto:

Incorporar la tecnología Blockchain y sus componentes en la plataforma de desarrollo de software de la CGTI para generar transacciones seguras y que al menos un sistema de la Universidad de Guadalajara haga uso del servicio.

### Costos:

En la fase de iniciación se realizó una proyección de los costos de inversión esperados para la implementación del proyecto considerando 7 nodos participantes en la RPB, como lo muestra la

tabla 1. Sin embargo, en la fase de planeación del proyecto se determinó la factibilidad de generar un ahorro debido a que se evitó una inversión inicial en infraestructura, esto porque se utilizó los servidores físicos y/o virtuales existentes en los Centros de Tecnologías para el Aprendizaje –CTA- de los Centros Universitarios metropolitanos y/o regionales participantes, así como de la Coordinación de Cómputo e Informática del Sistema de Educación Media Superior –SEMS-. Lo anterior fue para la implementación de una red descentralizada y lograr una red distribuida. Como consecuencia de los esfuerzos realizados el costo de inversión en el proyecto fue menor.

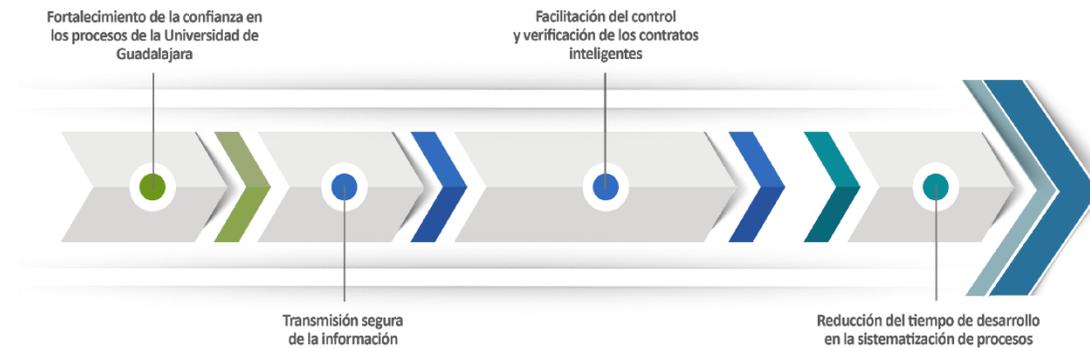
**Tabla 1.** Análisis de los costos de inversión esperados.

<b>Universidad de Guadalajara</b>				
Coordinación General de Tecnologías de Información				
Proyección de gastos				
<b>Gasto</b>	<b>Equipos</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Total</b>
Inicial	Servidores básicos para los nodos de cada centro universitario	7	\$350.000,00	\$2'450,000
Semestral	Mantenimiento semestral	7	\$100.000,00	\$700,000
Total				\$3'150,000

## Beneficios:

Los beneficios que se obtuvieron al implementar la Red Privada Blockchain fueron:

- Fortalecimiento de la confianza en los sistemas de la Universidad de Guadalajara,
- Prevención en la manipulación de datos,
- Seguridad en la transmisión de información,
- Reducción de la incertidumbre en las transacciones,
- Reducción del tiempo de desarrollo en la sistematización de procesos en el aspecto de seguridad, e
- Innovación tecnológica al ser una Universidad pública de América Latina que cuenta con una RPB utilizando un desarrollo propio y hecho a la medida.

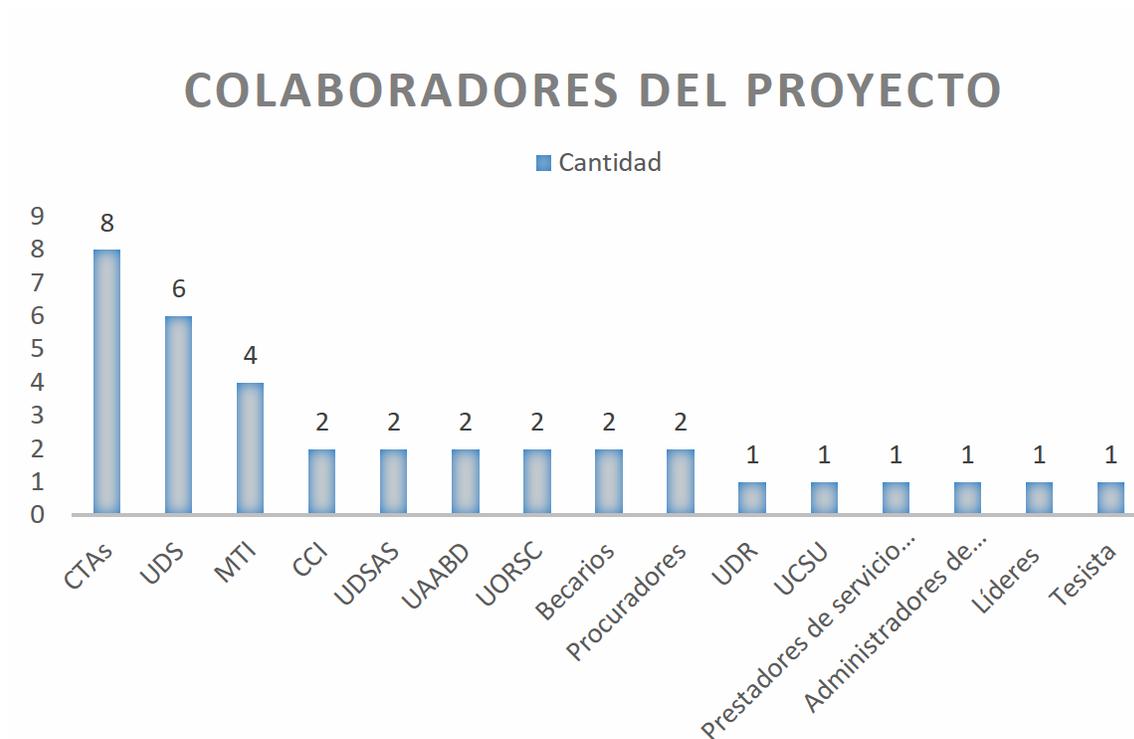


**Fig. 1** Beneficios de la Red Privada Blockchain.

### Colaboradores:

Para la ejecución del proyecto se integró un equipo de trabajo multidisciplinario, donde participaron compañeros de las diferentes áreas de la Universidad de Guadalajara, las cuales corresponden a la Coordinación General de Tecnologías de Información, Unidad de Desarrollo de Software, Maestría en Tecnologías de la información, Unidad de Diseño de Sistemas y Arquitectura de Software, Unidad de Administración de las Aplicaciones y Bases de Datos, Unidad de Operación de la Red y Servicios de Cómputo, Unidad de Desarrollo de la Red y por último de la Unidad de Capacitación y Soporte a Usuarios. Adicionalmente, los CTAs de los Centros Universitarios de CUSUR, CUTONALA, CUCI y CUCSH, así como la Coordinación de Cómputo e Informática del Sistema de Educación Media Superior.

Por otra parte, también se integraron personas voluntarias que resultó de su interés colaborar en conjunto, como, por ejemplo: prestadores de servicio y becarios de la Ingeniería en informática, Computación e Industrial. Los 36 colaboradores fueron un elemento muy importante en el desarrollo e implementación del proyecto debido a la división de roles y actividades para la obtención de un mejor resultado.



**Fig. 2** Colaboradores del proyecto.

Para la incorporación de SERU a la RPB se incorporó una persona más al equipo de trabajo debido a que las personas correspondientes a los roles de diseñador, desarrollador y tester fueron los mismos que se tenían considerados en el proyecto de Blockchain.

La constante comunicación en el equipo de trabajo fue un factor de éxito para el desarrollo del proyecto en los diferentes niveles de comunicación e involucramiento que ha tenido la CGTI, los coordinadores de los CTAs de los Centros Universitarios y demás colaboradores, siendo conscientes de que el éxito de un proyecto radica en un 90% de la comunicación, fue imperativo establecer estrategias que permitieron mantenernos comunicados para asegurarnos que el sistema tuviera un impacto positivo en la seguridad en innovación de toda la Red Universitaria.

Durante el desarrollo del proyecto se estableció un ambiente colaborativo que permitió una mejora constante del sistema, con ayuda de la retroalimentación que brindaron los responsables de SERU, esto se realizó a través de los canales de comunicación que se definieron para el proyecto.

Cabe mencionar que otro de los factores de aprovechamiento de los recursos fue el utilizar la infraestructura física o virtual existente en los diferentes centros universitarios y en la Coordinación de Cómputo e Informática de la Universidad de Guadalajara, esto para lograr una red distribuida y como consecuencia el costo de inversión en el proyecto fue mínima.

## Resultados:

El primer sistema que hizo uso de la RPB es SERU, el cual consiste en llevar el control y seguimiento del proceso de registro de información de las Entregas-recepción que se generan a partir de los cambios de puestos de la Administración de la Universidad de Guadalajara.

Hasta el momento los usuarios afectados por la práctica resultante son:



Fig. 3 Usuarios afectados por la práctica resultante.

La tecnología Blockchain está impactando a gran parte de la comunidad universitaria por su influencia transversal en la seguridad de la información y en la innovación tecnológica, ya que permite obtener un crecimiento significativo en la adopción de las TICS mediante el desarrollo propio y completamente seguro. A continuación, se muestra la métrica de impacto de la RPB:

## ANUIES-TIC

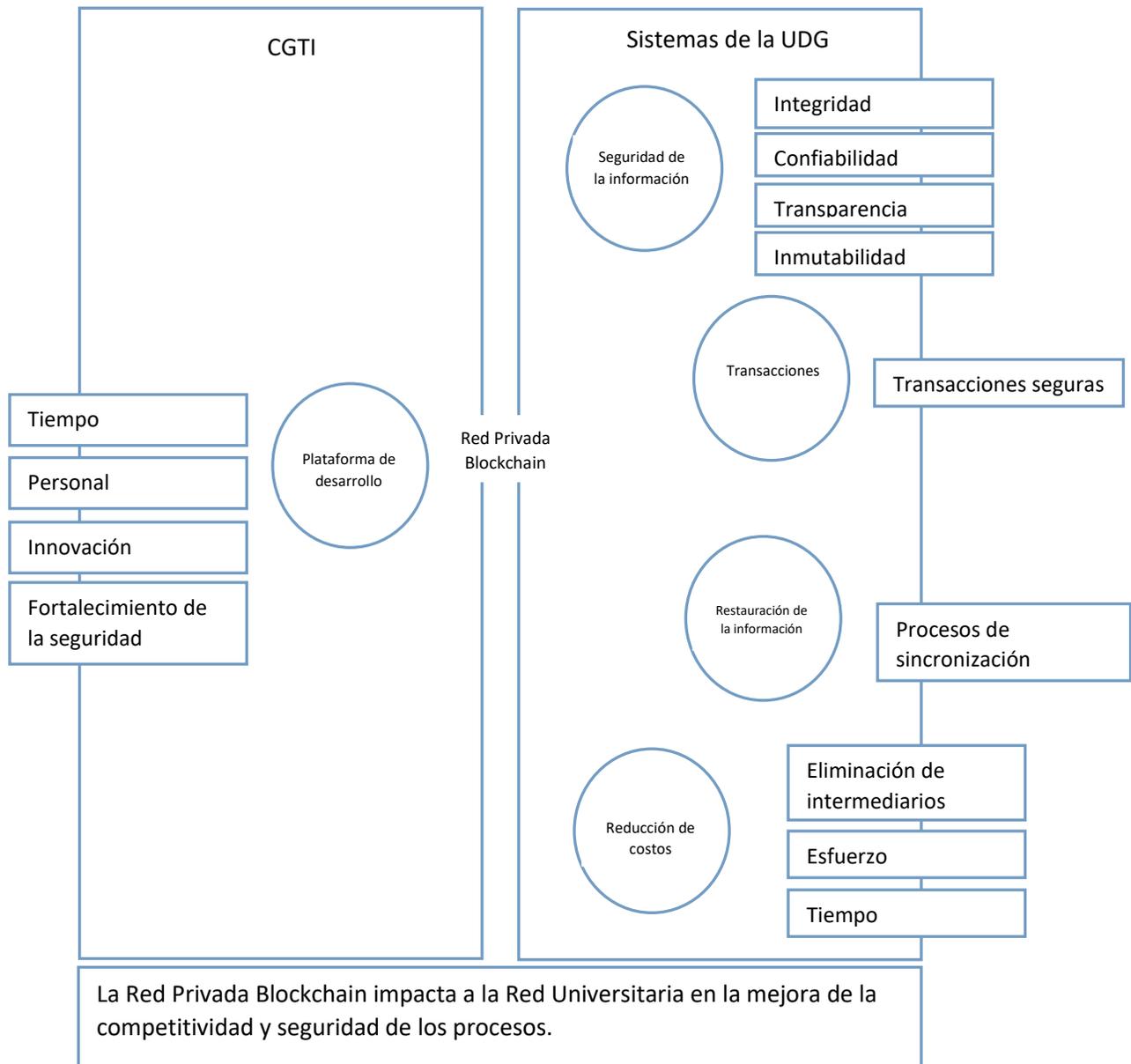


Fig. 4 Métrica de impacto.

Algunos de los frutos del proyecto que se han obtenido a lo largo del tiempo, son: participación en el reto Blockchain en Talent Land 2018, registro de la Red Privada Blockchain como implementación propia en el Instituto Nacional del Derecho de Autor (Número del registro uno en el Derecho Público del Autor: 03-2018-101710521100-01), participación en las conferencias TICAL 2018 en Cartagena de Indias, premio u-GOB al proyecto de seguridad de la información 2019 en la categoría Organismo Autónomo Estatal por "Implementación de la Tecnología Blockchain en la Universidad de Guadalajara", así como proveer a la Red Universitaria y usuarios de los sistemas una plataforma con la incorporación de una tendencia tecnológica, innovadora y sobre todo segura para las transacciones de información a realizarse.

## Riesgos:

Los riesgos que se detectaron en el desarrollo del proyecto, son:

**Tabla 2.** Análisis de riesgos identificados.

Universidad de Guadalajara				
Coordinación General de Tecnologías de Información				
Matriz de riesgos				
Identificación del riesgo	Estado del riesgo	Probabilidad	Impacto	
Fallas en la infraestructura tecnológica de cada Centro Universitario que sea participe en la red descentralizada.	Presentado	70%	Alcance 30%	Calidad 70%
Cambios en las prioridades de la institución.	Hasta el momento no se ha presentado dicho riesgo.	30%	50%	50%
Cambios no contemplados en el alcance del proyecto.	Hasta el momento no se ha presentado dicho riesgo.	25%	50%	50%
Déficit de personal	Presentado	25%	10%	90%
No liberar a tiempo el proyecto	Presentado	40%	50%	50%
No contar con el manual de la incorporación de un nuevo nodo -Políticas -Proceso de incorporación	Hasta el momento no se ha presentado dicho riesgo, se comenzará a trabajar en ello.	50%	30%	70%
Vulnerabilidades en la Red Privada de Blockchain	El día 12 de diciembre de 2018 se detectó en la plataforma el riesgo, específicamente en el módulo de encriptaciones	100%	5%	95%

## Lecciones aprendidas:

Las lecciones aprendidas que se obtuvieron durante el desarrollo del proyecto, son:

**Tabla 3.** Análisis de las lecciones aprendidas.

Universidad de Guadalajara		
Coordinación General de Tecnologías de Información		
Matriz de lecciones aprendidas		
	¿Qué Trabajo Bien?	¿Qué Puede Ser Mejorado?
<b>Definición de Requerimientos y Administración</b>	<p>Se trabajó de manera cercana con los interesados y equipo de trabajo para obtener los requerimientos y la información técnica fácilmente.</p> <p>Es importante considerar la figura del líder del proyecto debido a que él va guiando la ruta del proyecto y proporciona un gran apoyo en los temas técnicos que el administrador del proyecto desconoce. La definición de los requerimientos también se obtiene con el cliente y los procuradores.</p>	<p>La colaboración de algunas personas importantes para el avance programático del proyecto se percibió un poco dispersa debido a que con frecuencia no se concretaban las actividades en tiempo y forma, ya que por lo regular estaban ocupados con otras actividades prioritarias.</p>
<b>Definición de Alcance y Administración</b>	<p>Se cumplieron en forma los requerimientos principales que los interesados definieron desde un inicio en el proyecto. Incluso se añadieron factores de seguridad, monitoreo de redes y persistencia de la base de datos para un mejor funcionamiento de dicha red, así como los nodos participantes.</p>	<p>Se considera que al inicio del proyecto no se dimensiono de la forma correcta los requerimientos ni el tiempo en el que se desarrollarían. Se había dimensionado que la Red Privada Blockchain y la Plataforma para Contratos Inteligentes se terminarían en 6 meses cada uno. Sin embargo, nos tomó un año en realizar la Red Privada Blockchain y la Plataforma de Contratos Inteligentes se comenzaría a partir de marzo 2019. El equipo de trabajo del proyecto considera que esto se debe a que en nuestra coordinación se estaban atendiendo diversos proyectos con mayor prioridad, por lo tanto, tenían que dedicarles más tiempo a otras actividades.</p>
<b>Calendario de Desarrollo y Control</b>	<p>Con respecto al desarrollo y control de las actividades no hubo problema alguno debido a que se siguió la metodología de PMBOK y se dio un seguimiento constante a los pendientes generados, aproximadamente una vez al mes se enviaban correos informativos al equipo de trabajo y directivos para que tuvieran conocimiento del avance, problemas presentados y medidas de solución.</p>	<p>Se considera que se podrían proporcionar tiempos más objetivos para cada actividad a realizar, sin embargo, creo que esto también está relacionado con que el equipo de trabajo también se encuentra colaborando en otros proyectos con mayor prioridad, por lo que en algunas ocasiones daban prioridad a las otras actividades.</p>
<b>Costo Estimado y Control</b>	<p>Se considera que el único costo que hubo en el proyecto fue el recurso humano y una parte en el mantenimiento de los servidores</p>	<p>Reducir el tiempo de la ejecución del proyecto, de tal manera que no se puedan extender mucho tiempo porque en ese caso</p>

ANUIES-TIC

	<p>asignados a pruebas y uno a producción. Sin embargo todos los nodos participantes fueron prestados voluntariamente por cada CTA.</p>	<p>el costo del recurso humano si se eleva en una gran parte, debido a que ellos podrían atender otras actividades.</p>
<p><b>Planeamiento de Calidad y Control</b></p>	<p>No existe una política sobre la calidad mínima que debe de tener el producto desarrollado, sin embargo, se debe de entregar con errores mínimos y la mayor parte de requerimientos implementados. Como parte de la calidad, en la CGTI existe un área de pruebas funcionales las cuales aseguran un nivel mínimo de calidad.</p>	<p>Definir las políticas de calidad, respecto al desarrollo del producto, así como el nivel de calidad esperado en la atención de los usuarios.</p>
<p><b>Disponibilidad de Recursos Humanos, Equipos de Desarrollo y Desempeño</b></p>	<p>Uno de los aspectos más importantes para la elaboración del proyecto es la administración de las actividades, tiempos y recurso humano. Por lo que en el caso de este proyecto se realizó una planeación para llevar a buen término el desarrollo del mismo, sin embargo, hubo cambios o modificaciones que corrompían completamente el cronograma de actividades y el plan de trabajo. Esto se debía a que el personal en diversas ocasiones estaba ocupado en otras actividades o a las decisiones de los directivos.</p> <p>A pesar de la prioridad e importancia de los proyectos, si los intereses del recurso humano no están alineados con los intereses del proyecto, se perderá mucho tiempo y dinero.</p>	<p>Generar una asignación del personal con un compromiso de trabajo, no basta con solo firmar el documento y mencionar que está asignado, si no dedicar tiempo a las actividades y cumplir con las tareas asignadas. De lo contrario cuando el personal no tiene la disponibilidad requerida es conveniente cerrar el proyecto por falta de apoyo.</p>
<p><b>Administración de Comunicación</b></p>	<p>Se realizó un plan para la gestión de comunicaciones, el cual involucra a los interesados, el cliente y el equipo de trabajo.</p>	<p>A pesar de los canales de comunicación establecidos, el equipo de trabajo no los respetó ni prestó atención a la información que se les proporcionaba, aun así, argumentaban que no se les informaba.</p>
<p><b>Administración de Grupos de Interés</b></p>	<p>Mantener informados a los interesados es un factor muy importante para el proyecto, ya que ha permitido que el trabajo se realice a pesar de los problemas que se han presentado y además siempre están informados con los correos de informe de avance periódicos.</p>	<p>-</p>

## ANUIES-TIC

<b>Reportajes</b>	Aproximadamente entre 15 días y un mes se les enviaba un correo informativo a los directivos de esta coordinación, en estos se consideraban fechas propuestas, actividades realizadas, porcentaje de avance, actividades pendientes, problemas presentados, posibles soluciones y una proyección de fechas de cierre.	Un factor a mejorar podría ser la frecuencia con la que se enviaban los correos, sin embargo, esta se definió así debido a la prioridad del proyecto.
<b>Administración de Riesgos</b>	Se identificaron los riesgos y se pasaron a la matriz de seguimiento de riesgos, dando como resultado buenas estrategias para la prevención y reducción de los posibles impactos en el tiempo y costo del proyecto.	Fortalecer el manejo de riesgos creando una plantilla base de riesgos, para que en todos los proyectos se facilite la identificación y el control de los mismos. Adicionalmente, es importante tomar las decisiones a tiempo, antes de que se presenten más problemas en el proyecto.
<b>Administración y Planificación de Adquisiciones</b>	Este proyecto. No requirió de la compra de ningún insumo, producto o servicio para realizar la planeación y administración de las adquisiciones.	-
<b>Información de Especificación de Productos</b>	Durante el desarrollo del proyecto nos acompañó una persona de la unidad de diseño, es importante porque gracias a eso se podrá documentar de manera rápida y clara los requerimientos que solicita el cliente.	-

### Documentación de evidencias:

A continuación, se muestra la evidencia del trabajo realizado en el proyecto.

#### **Evidencia de la creación de la Red Privada Blockchain:**

El proceso general que se llevó a cabo en la creación del proyecto fue la realización de un caso de negocio que permitió identificar y definir el anteproyecto, la esencia del mismo, el presupuesto preliminar, la justificación, la problemática a resolver, el impacto organizacional, el alcance, las estrategias, los objetivos, las metas, los resultados esperados, el análisis de costo-beneficio, las restricciones del proyecto y un breve análisis de las posibles alternativas.

Se generó un plan de inducción para el equipo de trabajo, con el objetivo de impartir pláticas por expertos referentes a la tecnología Blockchain y contratos inteligentes. Se definió la infraestructura virtualizada para realizar las pruebas durante el desarrollo del sistema, esta se conformó por la habilitación de 5 servidores con su respectiva configuración.

Las fases en las que se desarrolló el proyecto fueron:

- Red descentralizada / definición de la infraestructura de redes,

## ANUIES-TIC

- Algoritmo de bizantinos,
- Criptografía,
- Generación de la cadena de bloques,
- Web Service tipo rest,
- Algoritmo de consenso,
- Validación de la transacción,
- Persistencia,
- Monitor de la Red Privada Blockchain,
- Implementación de la comunidad SNMP con la herramienta PRTG Network, y
- Incorporación de SERU a la RPB.

Así mismo, también se definió la infraestructura física externa, es decir los nodos que forman parte de la Red Privada Blockchain en el ambiente productivo, los participantes son:

- Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades –CUCSH-
- Centro Universitario del Sur –CUSUR-
- Centro Universitario de la Ciénega –CUCI-
- Centro Universitario de Tonalá -CUTONALA-
- Sistema de Educación Media Superior –SEMS-
- Coordinación General de Tecnologías de Información –CGTI-

Se realizó la especificación –personalizada-técnica, se diseñó y se desarrolló lo siguiente:

- Algoritmo de bizantinos.
- Algoritmo de consenso.

## ANUIES-TIC

Se estudiaron los algoritmos *Proof of Work*, *Proof of Stake* y *Proof of Authority*.

Se definió entre todo el equipo de trabajo el algoritmo adecuado –Proof of Stake- para la implementación personalizada.

Se definió en la forma dinámica del porcentaje de nodos disponibles y aceptables.

Se definió la transacción de los nodos a la red Blockchain.

- Como primera instancia a modo de laboratorio se diseñó, desarrolló e implementó una red distribuida de manera virtualizada, como paso siguiente se llevó a cabo la distribución de manera física, es decir, los nodos integrantes de la red pasaron de ser virtualizados a nodos físicos.

Se realizaron las pruebas de servicios distribuidos mediante el algoritmo de bizantinos.

- Se definió la incorporación de nuevos nodos a la Red Privada Blockchain y sus respectivas políticas con los Centros Universitarios.

Se validaron los servidores de los Centros Universitarios que formarían parte de la red distribuida.

Se elaboró un proceso en el que se describe cómo se incorporarán los nodos.

Se configuraron todos los servidores participantes con los requerimientos técnicos indicados.

- Se trabajó en un web Service tipo RESTful.
- Se creó un módulo genérico para encriptaciones PKC7, 8, 12, SHA 256 y 512.

Se incorporó a la plataforma de desarrollo de la CGTI.

- Se generó la cadena de bloques.

Se definieron los campos personalizados de la estructura de la cadena, del bloque y de las transacciones.

- Se generó una plantilla genérica para contratos inteligentes con campos personalizables.
- Se integró SERU a la RPB.
- En SERU, se guardaron las cadenas de bloques con la información base de los expedientes foliados.

La metodología utilizada para la administración del proyecto fue la guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos (Guía del PMBOK® por sus siglas en inglés) debido a que proporciona las pautas para la dirección de proyectos individuales y contiene el estándar reconocido a nivel global el cual nos ayudó a minimizar los riesgos e incertidumbre durante la construcción del sistema.

A continuación, se muestran los principales procesos de dicha metodología.

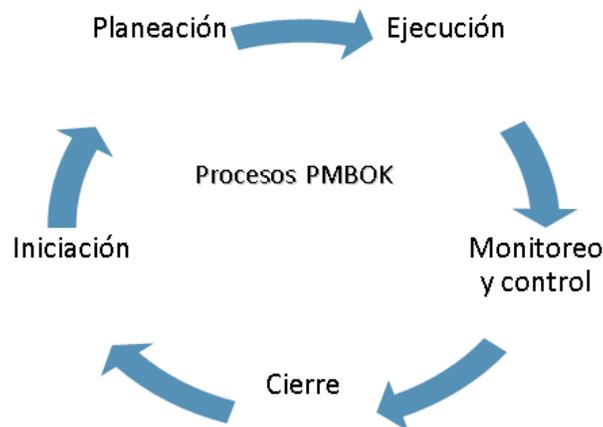


Fig. 5 Principales procesos que integra el PMBOK® 5 [2].

Al concluir el proyecto se realizó un recuento de las diferentes actividades que se realizaron durante el desarrollo del proyecto, entre las cuales se encuentran: impartición de diversas pláticas introductorias, videoconferencias, elaboración de memorias técnicas y expediente del proyecto, 109 minutas y búsqueda de fuentes de referencia que nos permitieran el sustento de la elaboración del proyecto con una implementación propia y no utilizar una de terceros.

Se obtuvieron 552 actividades concluidas, 5 actividades pendientes y se cancelaron 19 debido a que se sustituyeron por otras.

Las 5 actividades pendientes son mejoras que se realizarán posteriormente en la RPB con el objetivo de incorporar la criptomoneda de la Universidad de Guadalajara. A continuación, se muestran imágenes del trabajo realizado.

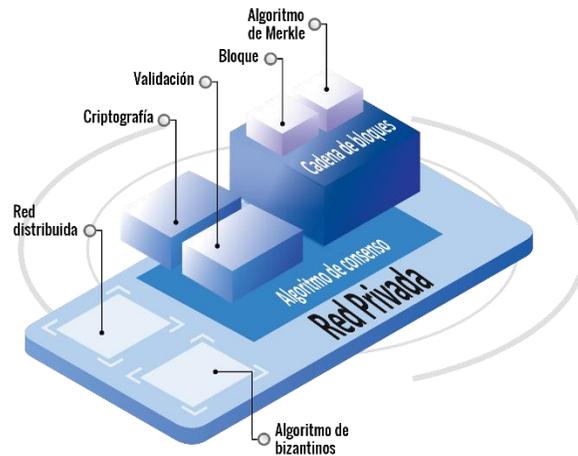


Fig. 6 Componentes de la Red Privada Blockchain.

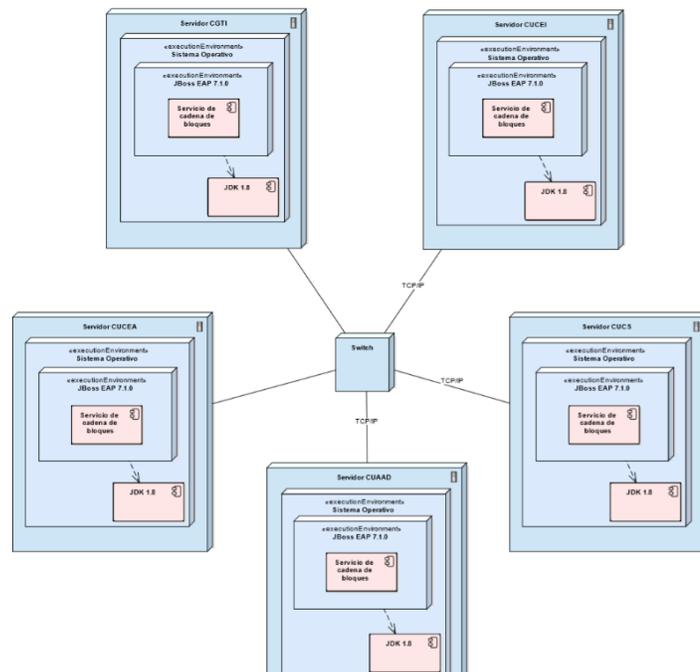


Fig. 7 Diagrama de despliegue. El cual muestra parte de la arquitectura de infraestructura

# ANUIES-TIC

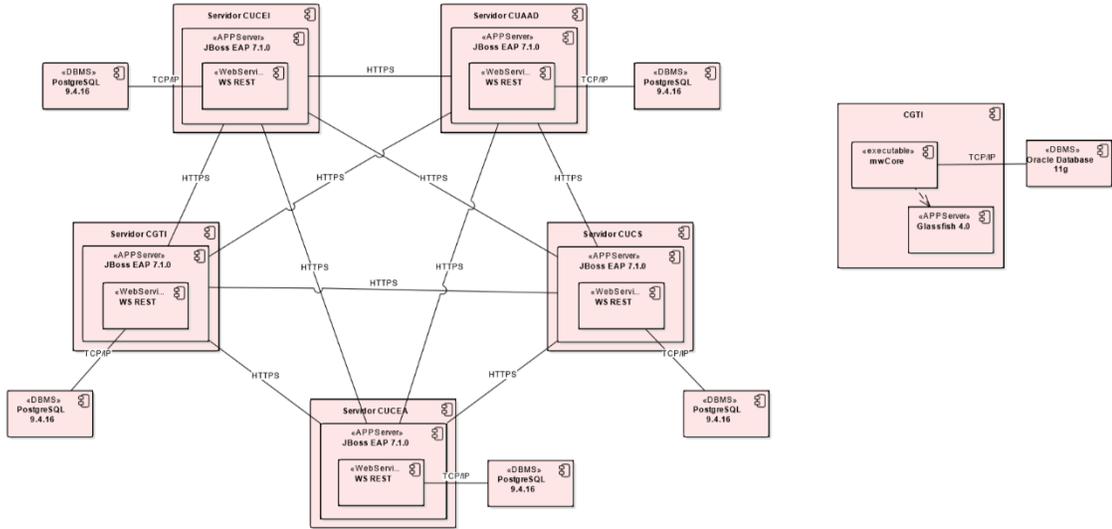


Fig. 8 Modelo de implementación.

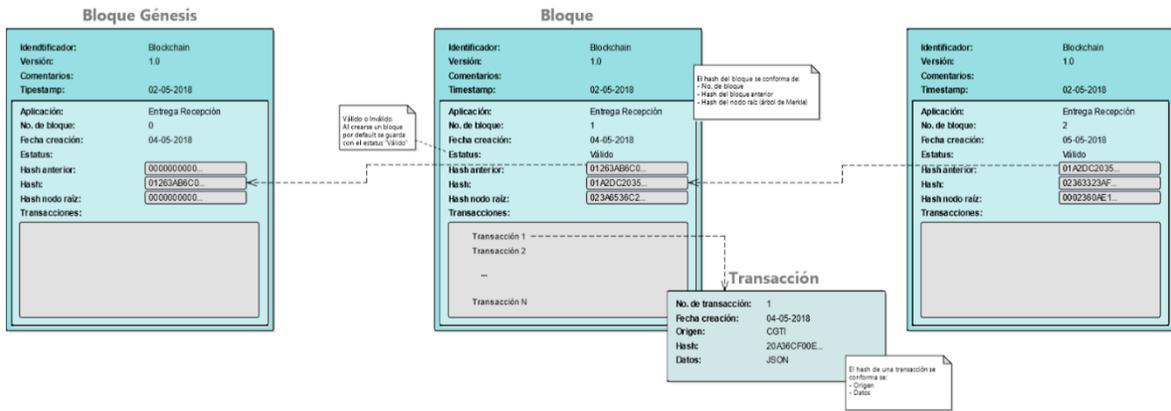


Fig. 9 Cadena de bloques.

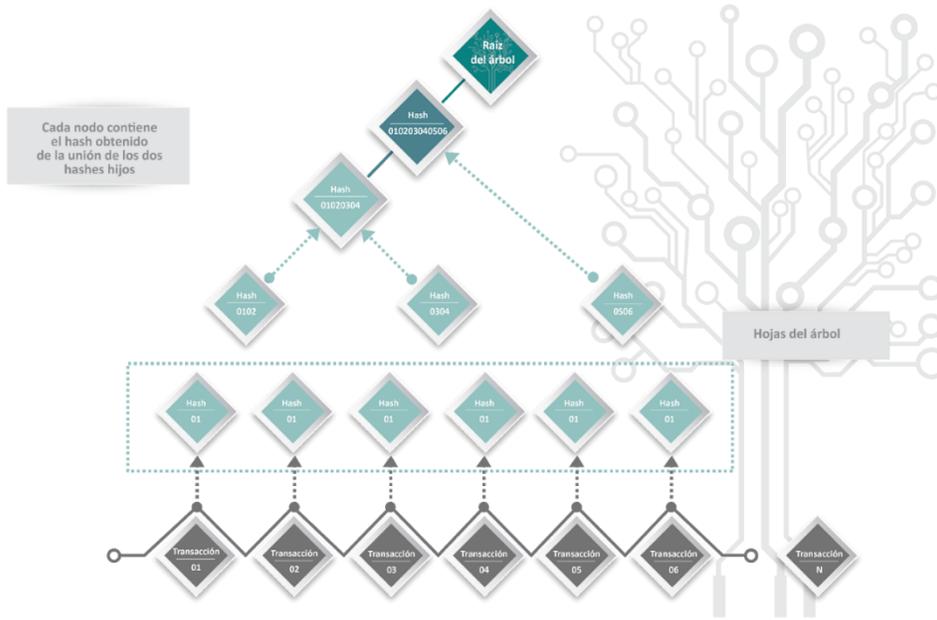


Fig. 10 Árbol de Merkle.

**Validar Cadena**

Aplicacion:

Cantidad de Bloques:

Transacciones del Ultimo Bloque:

**Validar Bloque**

Aplicacion:

Numero de Bloque:

Hash anterior:

Hash Bloque:

**Validar Transaccion**

Aplicacion:

Numero de Bloque:

Registro:

Fig. 11 Módulo de validación.

SERU	
Bloques	<input type="button" value="1"/> <input type="button" value="2"/>
Servidores	
Bloques	<input type="button" value="1"/> <input type="button" value="2"/>

Fig. 12 Alta y baja de nodos (1).

# ANUIES-TIC

**Servidores**

Registrar servidor

Eliminar servidor

**Monitor**

**Aplicaciones**

**Dominios**

Aplicacion:

Dominio:

Fig. 13 Alta y baja de nodos (2).

SERU

No. Bloque 2

Hash bbcfbc069953d04213922b6d35bba46e39d43de475c52690682302c93a182a34

Hash anterior 44b26ecb3d2c5de16eb761d06f0d57a6138b63358c8110c5f158658336f217be

Hash Merkle cbd030e7ef436b038e43fbb7fa51b63282e9e293b9f8a6e9a3c6b52fc735edd1

#	HASH	ORIGEN	CON
0	94b2aa53041ff31f5ee394d9554b718ec095b56250bac92e77b8fec9b98f9985	qacucei.cgti.udg.mx	(*folic
1	40f7b1d18208ce718051a39f8b3fb2dc361098c6e2689b8f3d6ce45a55d6874d	qacucei.cgti.udg.mx	(*folic
2	d79d067f1dc69f1aae4ed56af035490cf8bae30ad58425c2031271d146b1c8f2	qacucei.cgti.udg.mx	(*folic

Fig. 14 Trazabilidad de las transacciones.

## Evidencia de la incorporación de SERU a la Red Privada Blockchain:

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
Red Universitaria de Jalisco

JAIME EDUARDO ALVAREZ GARCIA | Cerrar sesión.

SIIAU | Sistema de Entrega Recepción Universitario

Expediente - Cladmin - COORDINACION GENERAL DE TECNOLOGIAS DE INFORMACION

### Cierre de Expedientes

Cierre de expediente

Folio expediente:

Año:

EXPEDIENTE 113			
ENTIDAD O DEPENDENCIA	COORDINACION GENERAL DE TECNOLOGIAS DE INFORMACION	UNIDAD	COORDINACION GENERAL DE TECNOLOGIAS DE INFORMACION
ÁREA O PROYECTO	1.3.8 - COORDINACION GENERAL DE TECNOLOGIAS DE INFORMACION	FOLIO	113
RESPONSABLE	2915154	REVISOR	2954098
ESTATUS	<input type="text" value="FINALIZADO"/>		
Observaciones	<div style="border: 1px solid #ccc; height: 30px;"></div>		
<input type="button" value="Descargar"/> <span style="margin-left: 100px;"><input type="button" value="Aplicar"/></span>			

Políticas de uso y privacidad  
 Derechos reservados ©2015. Universidad de Guadalajara.  
 Librería v1.3.1 Core: v1.3 Core URL: mwd.siiau.udg.mx

Fig. 15 Cierre de un expediente.

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
Red Universitaria de Jalisco

JAIME EDUARDO ALVAREZ GARCIA | Cerrar sesión.

SIIAU | Sistema de Entrega Recepción Universitario

Expediente - Cladmin - COORDINACION GENERAL DE TECNOLOGIAS DE INFORMACION

### Consulta de Expedientes

Expediente

Rol:   
 Folio expediente:   
 Año:

Encabezado			
UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA		FECHA:	<input type="text" value="11/12/2018"/>
ENTIDAD O DEPENDENCIA:	COORDINACION GENERAL DE TECNOLOGIAS DE INFORMACION	UNIDAD:	COORDINACION GENERAL DE TECNOLOGIAS DE INFORMACION
ÁREA O PROYECTO:	1.3.8 - COORDINACION GENERAL DE TECNOLOGIAS DE INFORI	ESTATUS EXPEDIENTE:	CERRADO
Clasificación:	<input type="text" value="--Selezione--"/>		
Formato:	<input type="text" value="--Selezione--"/>		
No hay registros por mostrar (1 de 1)			
<input type="button" value="Expediente-PDF's"/> <span style="margin-left: 20px;"><input type="button" value="Validación Blockchain"/></span>			

Fig. 16 Consulta de un expediente.

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
Red Universitaria de Jalisco

JAIMÉ EDUARDO

SIIAU | Sistema de Entrega Recepción Universitario

Expediente ▾ Cladmin ▾ COORDINACION GENERAL DE TECNOLOGIAS DE INFORMACION ▾

### Consulta de Expedientes

**Expediente**

Rol:	REVISOR
Folio expediente:	113
Año:	2018
<input type="button" value="Buscar"/>	

**Encabezado**

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA		FECHA:	11/12/2018
ENTIDAD O DEPENDENCIA:	COORDINACION GENERAL DE TECNOLOGIAS DE INFORMACION	UNIDAD:	COORDINACION GENERAL DE TECNOLOGIAS DE INFORMACION
ÁREA O PROYECTO:	1.3.8 - COORDINACION GENERAL DE TECNOLOGIAS DE INFOR	ESTATUS EXPEDIENTE:	CERRADO
Clasificación:	--Seleccione--		
Formato:	--Seleccione--		

No hay registros por mostrar

(1 de 1) 10

Fig. 17 Caso de éxito.

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
Red Universitaria de Jalisco

JAIMÉ EDUARDO

SIIAU | Sistema de Entrega Recepción Universitario

Expediente ▾ Cladmin ▾ COORDINACION GENERAL DE TECNOLOGIAS DE INFORMACION ▾

### Consulta de Expedientes

**Expediente**

Rol:	REVISOR
Folio expediente:	113
Año:	2018
<input type="button" value="Buscar"/>	

**Encabezado**

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA		FECHA:	11/12/2018
ENTIDAD O DEPENDENCIA:	COORDINACION GENERAL DE TECNOLOGIAS DE INFORMACION	UNIDAD:	COORDINACION GENERAL DE TECNOLOGIAS DE INFORMACION
ÁREA O PROYECTO:	1.3.8 - COORDINACION GENERAL DE TECNOLOGIAS DE INFOR	ESTATUS EXPEDIENTE:	CERRADO
Clasificación:	--Seleccione--		
Formato:	--Seleccione--		

No hay registros por mostrar

(1 de 1) 10

ENTREGÓ:	2915154	<input type="button" value="✓ Buscar código"/>	RECIBÍÓ	2915154	<input type="button" value="✓ Buscar código"/>
NOMBRE:	JESUS DAVID SALAS VALLE		NOMBRE:	JESUS DAVID SALAS VALLE	
CARGO:	JEFE		CARGO:	JEFE	
OBSERVACIONES:			ESTATUS:		

Fig. 18 Caso de error.

Evidencia de la creación del Monitor de la Red Privada Blockchain:

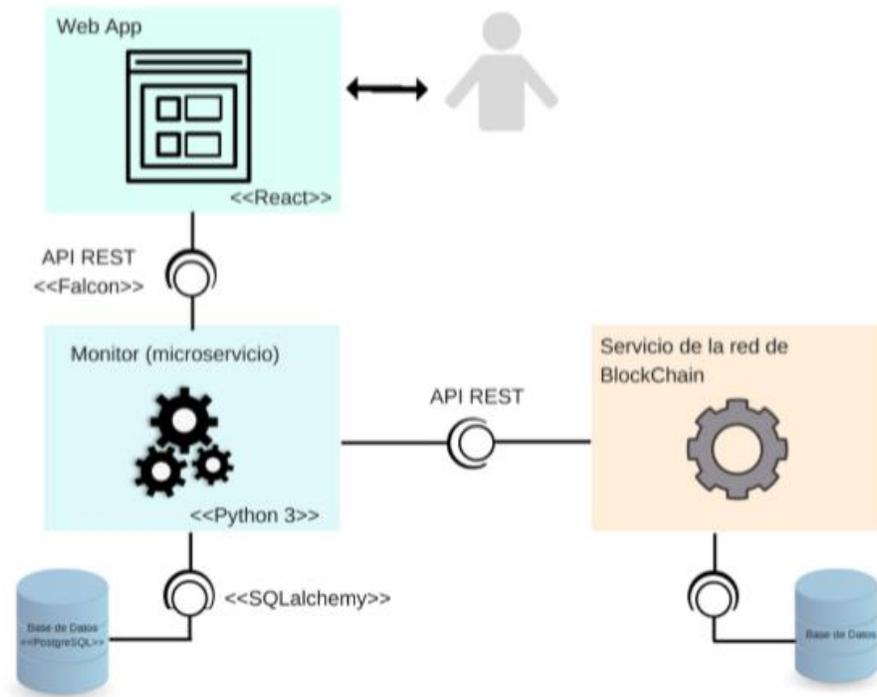


Fig. 19 Diagrama de arquitectura de software

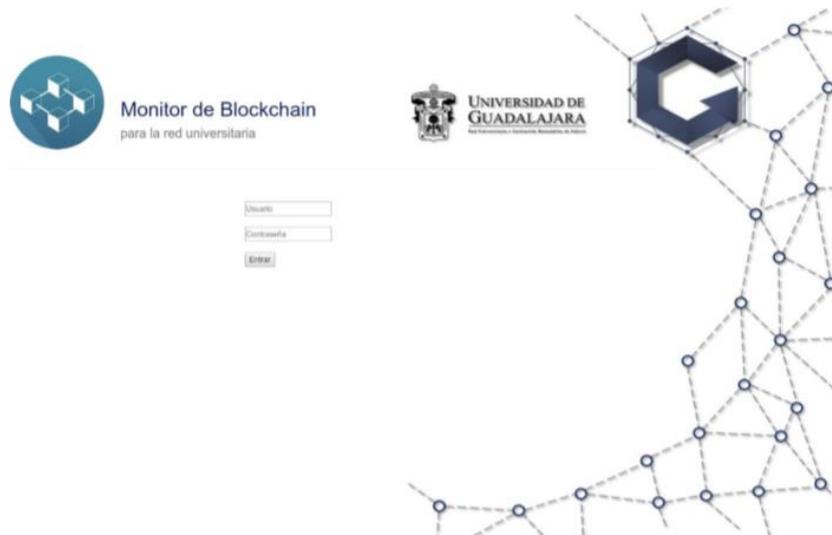


Fig. 20 Inicio y cierre de sesión.

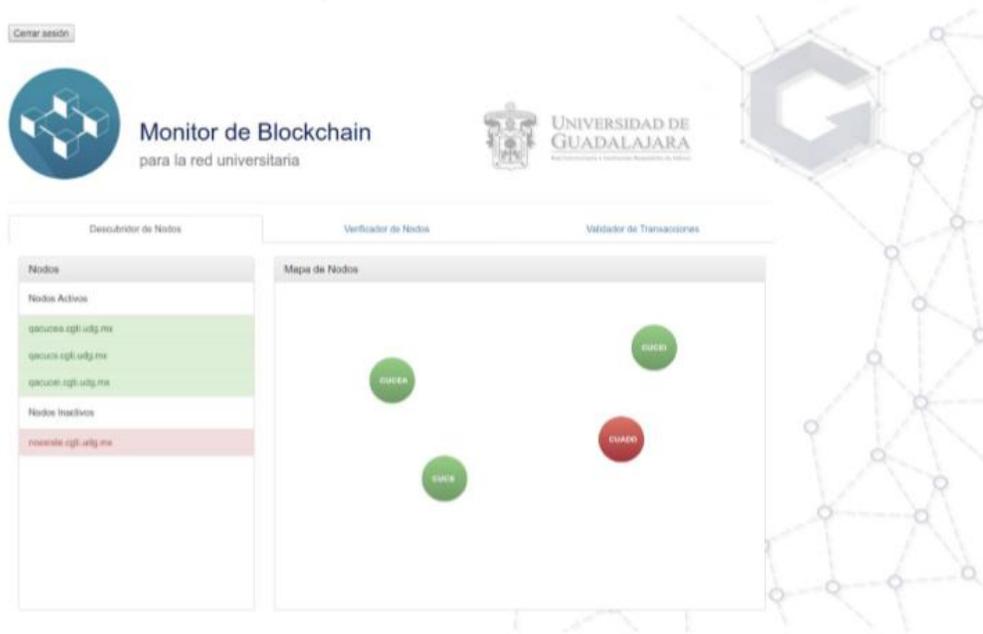


Fig. 21 Descubridor de nodos.

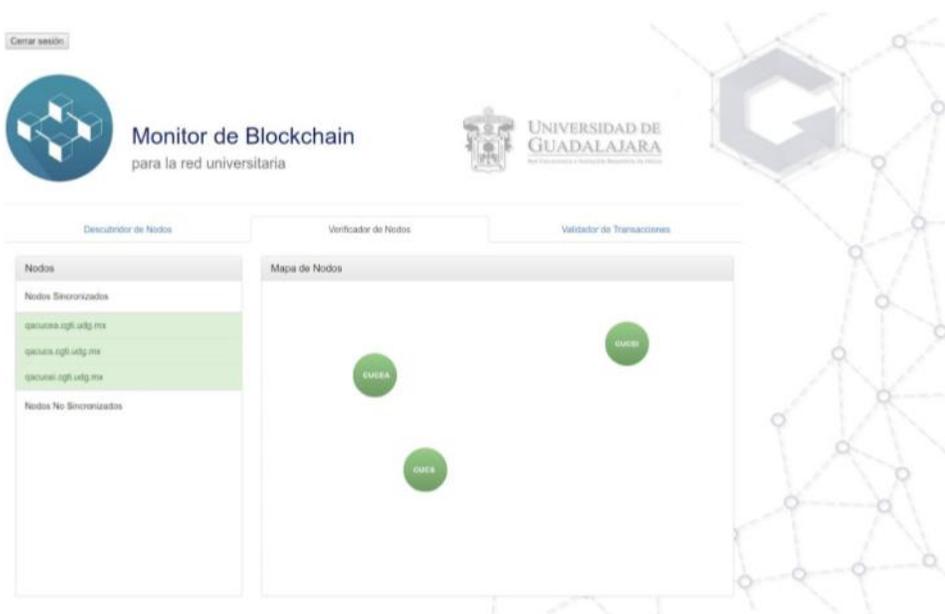


Fig. 22 Verificador de nodos.



Fig. 23 Verificador de transacciones.

**Evidencia de la implementación de la comunidad SNMP con la herramienta PRTG Network:**

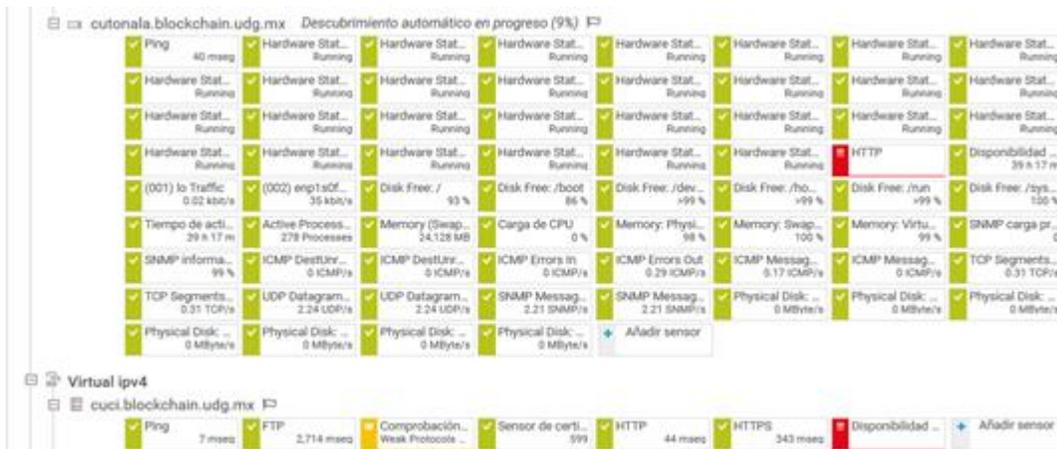


Fig. 24 Monitoreo de algunos nodos a través de la comunidad SNMP.

# ANUIES-TIC

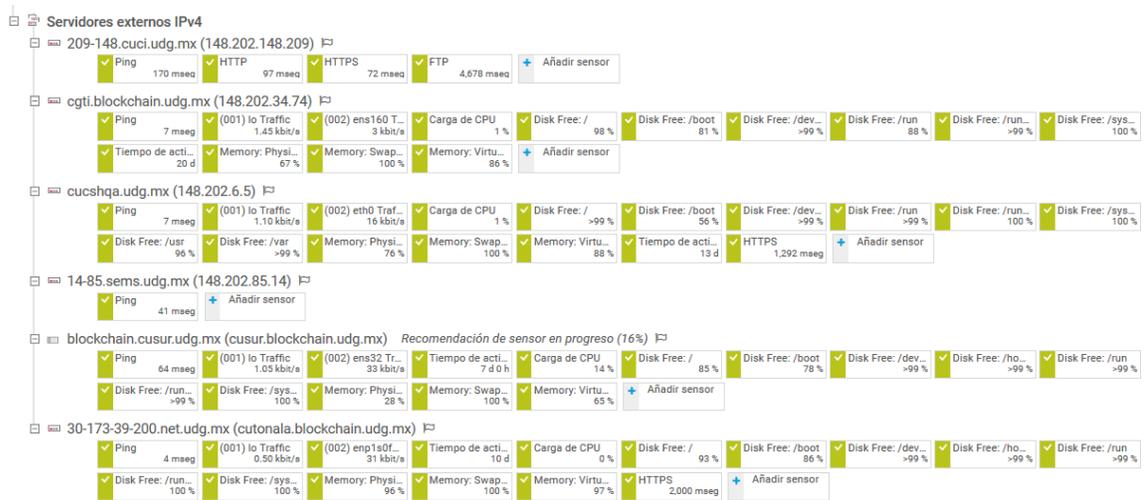


Fig. 25 Monitoreo del nodo CUTONALA a través de la comunidad SNMP.

## Participantes:

Dr. Luis Alberto Gutiérrez Díaz de León

Coordinador General de la CGTI

Mtro. Sergio Javier Uribe Nava

Coordinador de Proyectos y Procurador del proyecto

Mtro. Jesús David Salas Valle

Líder de proyecto

Lic. Miriam Elizabeth Huerta Raygoza

Administrador del proyecto

## Referencias:

[1] Nakamoto, S. (2008) Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system.

[2] Project Management Institute, Inc., Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK), Pensilvania: PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, 2013.

## Anexo 1: Acrónimos

RPB: Red Privada Blockchain

SERU: Sistema de Entrega-Recepción Universitario

CGTI: Coordinación General de Tecnologías de Información

CTA: Coordinación de Tecnologías de Información

CUCI: Centro Universitario de la Ciénega

CUCSH: Centro Universitario de Ciencias Sociales y Humanidades

CUSUR: Centro Universitario del Sur

EDT: Estructura de Desglose de Trabajo

MTI: Maestría en Tecnologías de la información

PMBOK: Project Management Body of Knowledge

SEMS: Sistema de Educación Media Superior

UAABD: Unidad de Administración de las Aplicaciones y Bases de Datos

UDG: Universidad de GUADALAJARA

UDSAS: Unidad de Diseño de Sistemas y Arquitectura de Software

UDS: Unidad de Desarrollo de Software

UDR: Unidad de Desarrollo de la Red

UORSC: Unidad de Operación de la Red y Servicios de Cómputo

UCSU: Unidad de Capacitación y Soporte a Usuarios