



Optimización de la trazabilidad del aceite de palma por medio de *blockchain* y *IoT*

Trabajo de Investigación para optar el Grado de
Máster en Dirección de Empresas

David Soto Sedano

Asesor: Mtr. Eduardo Emilio Linares Samamé

Lima, octubre de 2019

Resumen ejecutivo

Este trabajo de investigación está centrado en explicar la tecnología Blockchain. Empezaré exponiendo la situación actual del sector de la agricultura y del subsector del cultivo del aceite de palma.

Posteriormente explicaré el funcionamiento de Blockchain genérico y aplicado al aceite de palma, donde principalmente conseguirá aumentar la confianza y transparencia en el proceso para permitir sustentar la sostenibilidad del mismo y dando una mayor visibilidad de toda la cadena al auditar la trazabilidad de toda la cadena de suministro del producto, desde el campo hasta el consumidor.

Además, expondré como se pueden ver beneficiados todos los actores de la cadena, desde los palmicultores a los consumidores finales, pasando por productores, empresas logísticas y distribuidores.

Daré una imagen clara de todos los pasos indicando las bonanzas del sistema en cada uno de ellos, clarificando el tipo de información que deberíamos de incluir en función de los involucrados y el estadio del producto.

También mostraré los beneficios de enriquecer la información incorporando datos adicionales al sistema de bloques que obtendremos de dispositivos conectados a internet, también llamado Internet de las Cosas (del inglés Internet of Things ó IoT).

Finalizaré el trabajo con conclusiones y anexos que den mayor detalle técnico.

Palabras clave: blockchain; cadena de suministro; aceite de palma; auditoría; eficiencia

Abstract

This research work is focused on explaining the Blockchain technology. I will begin by exposing the current situation of the agriculture sector and the palm oil cultivation subsector.

Later, I will explain how does Blockchain work in general and applied to palm oil, where it will mainly increase trust and transparency in the process supporting its sustainability and giving greater visibility of the entire chain by auditing the traceability of the entire supply chain, from the field to the consumer.

In addition, I will explain how all the actors in the chain can benefit from it, from palm growers to final consumers, through producers, logistics companies and distributors.

I will give a clear picture of all the steps showing the benefits of the system in each one of them, clarifying the type of information we should include depending on those involved and the stage of the product.

I will also show the benefits of enriching the information by incorporating additional data to the blockchain that we will obtain from devices connected to the Internet, also called Internet of Things (IoT).

I will finish the work with conclusions and annexes giving more technical detail.

Keywords: *blockchain; supply chain; palm oil; audit; efficiency*

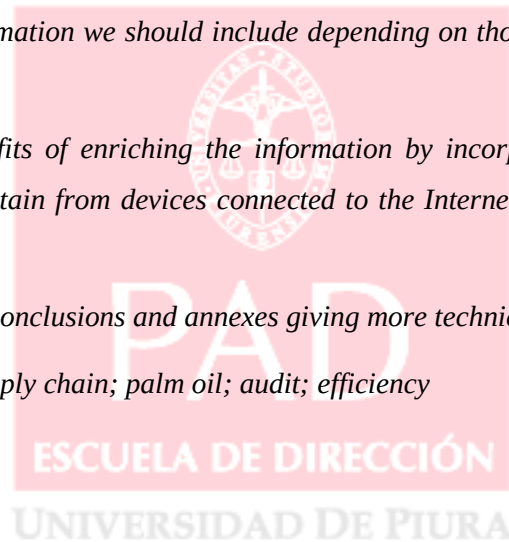


Tabla de contenido

Resumen ejecutivo.....	iii
Abstract.....	v
Tabla de contenido.....	vii
Índice de tablas	ix
Índice de figuras	xi
Introducción.	1
Capítulo 1. ...Descripción del sector agrícola y del aceite de palma.....	3
1.1. Sector del aceite de palma	4
1.2. Retos actuales del sector.....	5
1.2.1. Deforestación.....	5
1.2.2. Trazabilidad de la calidad.....	6
1.3. Participantes en el proceso	7
1.4. Palmicultores	7
1.5. Procesadores de aceite / Productores / Cooperativas / Distribuidores	8
1.6. Proveedores de materias primas	10
1.7. Empresas logísticas	10
1.8. Multinacionales de alimentos	11
1.9. Supermercados / Detallistas / Venta online.....	11
1.10. Consumidores finales	11
Capítulo 2. Presentación de la tecnología Blockchain	13
2.1. Funcionamiento de Blockchain	14
2.2. Ventajas de Blockchain	14
2.2.1. Seguridad	15
2.2.2. Transparencia.....	15

2.2.3. Confianza.....	15
2.2.4. Ahorro en costos	15
Capítulo 3. Propuesta del proyecto de implementación	17
3.1. Proceso	18
3.2. Puntos de generación de información:	19
3.2.1. Entrega del fruto fresco	19
3.2.2. Entrada en planta	21
3.2.3. Salida de planta.....	22
3.2.4. Entrega a transporte	25
3.2.5. Entrega a distribuidor	29
3.2.6. Comercialización	29
3.3. Explotación de información	29
Capítulo 4. Business Case de la implementación	31
4.1. Hacer uso de un servicio ya desarrollado	31
4.2. Crear un Blockchain propio de cero	34
4.3. Ejemplo de Business Case para trazabilidad del aceite de palma	36
4.4. Ahorros generados.....	37
Capítulo 5. Complementación del sistema por medio de Internet de las Cosas (IoT)	39
Conclusiones	43
Bibliografía..	45
Anexos	47
Anexo 1. Estructura de datos de Blockchain.....	47

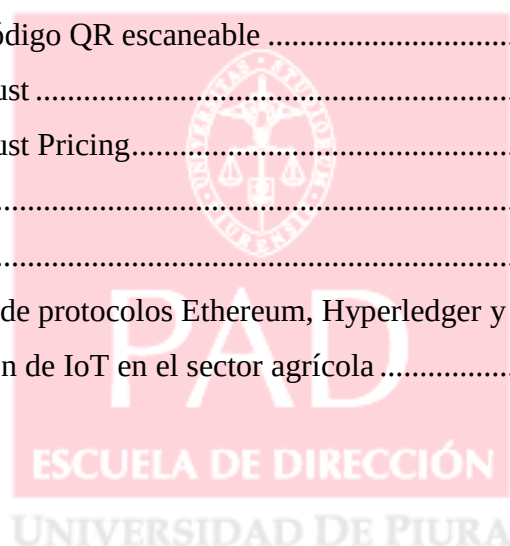
Índice de tablas

Tabla 1. Exportaciones por grupo de productos.....	3
Tabla 2. Producción agropecuaria por principales productos	4
Tabla 3. Exportaciones de productos agropecuarios con alto crecimiento	5
Tabla 4. Detalle del número de hectáreas de palmicultores versus el número de empresas privadas	8
Tabla 5. Capacidad instalada por cada región.....	10



Índice de figuras

Figura 1. Ubicación de plantas de procesamiento de palma aceitera.....	9
Figura 2. Representación de bloques de blockchain	14
Figura 3. Detalle del proceso de producción del aceite de palma	18
Figura 4. 8 principios de RSPO.....	19
Figura 5. Certificado de RSPO.....	20
Figura 6. Certificado de calidad	23
Figura 7. Informe de calidad de laboratorio	24
Figura 8. Certificado de apto para consumo humano.....	26
Figura 9. Conocimiento de embarque	28
Figura 10. Ejemplo de código QR escaneable	30
Figura 11. IBM Food Trust	32
Figura 12. IBM Food Trust Pricing.....	32
Figura 13. AgriDigital	33
Figura 14. Bext360.....	33
Figura 15. Comparación de protocolos Ethereum, Hyperledger y Corda R3	35
Figura 16. Representación de IoT en el sector agrícola	39



Introducción

El principal motivo de desarrollar este trabajo de investigación es el poder demostrar cuales son los beneficios que se pueden conseguir en el proceso de producción y distribución del aceite de palma con el uso de tecnologías *Blockchain* y *IoT*, ya que podría llegar a afectar de forma positivo a agricultores, productores, transportistas, distribuidores y consumidores finales, en un entorno y una sociedad de consumo en la que cada vez se demanda más información y de fuentes más contrastadas y seguras.

El objetivo principal es dar una imagen clara de los beneficios que puede aportar la tecnología, qué pasos se deben seguir para conseguirlo y porque puede tener un gran impacto en concreto en el sector del aceite de palma debido a la necesidad acuciante de demostrar el origen del producto.

Las principales hipótesis a probar en este trabajo son las de cerciorar que el subsector del aceite de palma pueda adoptar tecnologías que a priori pueden parecer pensadas para sectores digitalmente más maduros, y comprobar si los beneficios pueden aportar a cumplir los principales retos que estará afrontando el sector durante los próximos años.

Con ese fin, en primer lugar, haré una revisión del estado del sector agrícola en el Perú, y con un mayor foco en el subsector de la palma para poder entender bien su casuística y los principales problemas que tienen en la actualidad.

Una vez entendido daré un repaso sobre la tecnología de *Blockchain* en sí y en cómo puede beneficiar a la producción y comercio del aceite de palma, con una visión global de cómo implementarla y los costos que puede tener asociados.

Como resumen podemos concluir que *Blockchain* puede ser una herramienta muy útil para las empresas manufactureras de alimentos, y en concreto del aceite de palma, porque no solo permite seguir trabajando con los países más estrictos en materia de sostenibilidad, si no que pone en valor toda la cadena productiva pudiendo añadir valor a todo el proceso. Es importante dentro de ese proceso que se consiga incorporar al sistema a los diferentes intervinientes, ya que en caso contrario no se podrá enriquecer la información grabada, y se perderá parte de los beneficios de la tecnología.

Capítulo 1. Descripción del sector agrícola y del aceite de palma

El sector agrícola en Perú es uno de los motores más importantes del país, junto con la pesca y la minería. Durante el 2018 han crecido ampliamente algunos productos como la quinua, la palta y el arándano gracias a la demanda internacional y la apertura de nuevos mercados en Asia. Además, el sector en sí ha crecido un 9% principalmente gracias a la mejora productiva de algunos de los productos como son el arroz, la aceituna, la papa, el café y el cacao.

Si vemos el último reporte del Banco Central de Reserva del Perú [BCRP] (2019), el sector agrícola constituye un 1% del total de exportaciones del país (datos entre enero y febrero de 2019), en comparación con la minería que es el sector más fuerte del país y que constituye un 56% de todo lo exportado por el país como podemos apreciar en el siguiente cuadro. (p. 2).

Tabla 1. Exportaciones por grupo de productos

(Millones de US\$)

	2018	2019		Febrero		Enero - Febrero		
	Feb.	Ene.	Feb.	Var. % mes anterior	Var. % 12 meses	2018	2019	Var. %
1. Productos tradicionales	2 660	2 672	2 558	-4,3	-3,8	5 608	5 230	-6,7
Pesqueros	128	159	251	57,7	96,7	139	410	195,4
Agrícolas	35	53	23	-56,9	-35,0	82	75	-8,5
Mineros	2 271	2 176	2 000	-8,1	-12,0	4 733	4 176	-11,8
Petróleo y gas natural	227	284	285	0,5	25,8	653	569	-13,0
2. Productos no tradicionales	991	1 235	950	-23,1	-4,1	2 120	2 185	3,1
Agropecuarios	402	677	392	-42,0	-2,5	984	1 069	8,6
Pesqueros	101	83	122	47,2	21,5	187	205	10,0
Textiles	103	125	106	-14,7	3,1	205	231	13,1
Maderas y papeles, y sus manufacturas	26	27	25	-9,6	-5,3	51	52	2,9
Químicos	133	119	116	-2,3	-12,4	253	235	-7,2
Minerales no metálicos	46	42	46	7,9	-0,4	93	88	-5,2
Sidero-metalúrgicos y joyería	123	105	88	-16,7	-28,8	233	193	-17,1
Metal-mecánicos	45	46	46	1,8	4,1	92	92	-0,1
Otros 1/	12	10	8	-21,3	-31,9	22	19	-16,6
3. Otros 2/	10	13	13	-2,1	29,5	23	26	14,5
4. TOTAL EXPORTACIONES	3 661	3 920	3 521	-10,2	-3,8	7 750	7 441	-4,0

1/ Incluye pieles y cueros y artesanías, principalmente.

2/ Comprende la venta de combustibles y alimentos a naves extranjeras y la reparación de bienes de capital.

Fuente: Banco Central de Reserva del Perú [BCRP] (2019)

1.1. Sector del aceite de palma

En Perú hay registradas cerca de 60.000 hectáreas de palma aceitera sembradas principalmente en la selva, además de haber proyectos industriales en trámite por otras 113.000 hectáreas más.

El aceite de palma es una industria muy fuerte que no sólo ofrece como producto el aceite de palma en sí, sino que también genera toda una línea de productos derivados como son los detergentes, jabones y suavizantes.

Esta industria en Perú tiene además del carácter económico, un carácter social muy fuerte, ya que está asociada al desarrollo de las poblaciones que rodean las plantaciones, permitiéndoles desarrollar una microeconomía basada en el cultivo de la palma y sectores asociados.

La producción de palma aceitera ha sufrido un fuerte crecimiento durante los últimos años, teniendo un crecimiento de más de 225% entre los años 2008 y 2017, como podemos observar en el siguiente cuadro extraído de la memoria anual de 2017 publicada por el BCRP

Tabla 2. Producción agropecuaria por principales productos

(Miles de toneladas métricas)

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015 1/	2016 1/	2017 1/
AGRÍCOLA										
Agroindustria										
Maíz amarillo duro	1,232	1,274	1,284	1,260	1,393	1,365	1,228	1,439	1,232	1,248
Caña de azúcar	9,396	9,937	9,858	9,885	10,369	10,992	11,390	10,212	9,833	9,401
Palma aceitera	246	268	292	360	518	566	618	684	736	806
Algodón rama	167	96	64	122	111	83	92	70	45	23

1/ Preliminar.

Fuente: Banco Central de Reserva del Perú [BCRP] (2017)

En el siguiente cuadro del Banco Central de Reserva del Perú [BCRP] (2019) podemos ver que las exportaciones del aceite de palma del 2014 al 2018 han tenido una variación promedio anual de 130.8%, poniéndolo en a la cabeza de productos agropecuarios con mayor crecimiento de exportación, tan sólo por debajo de la pimienta sin triturar ni pulverizar (476.1%), la manteca de cacao de alta acidez (262.9%), los cubos de durazno en jugo de fruta (235,0%) y otros aguardientes de vino (230.8%).

Tabla 3. Exportaciones de productos agropecuarios con alto crecimiento

(Miles de US\$)

<i><u>Productos con valor exportado menor a US\$ 1 millón en el 2014</u></i>	2014	2018	Var. % promedio anual 2015-2018
Manteca de cacao de alta acidez	120	20796	262,9
Cacao tostado	953	20160	114,5
Manteca de cacao de baja acidez	794	15932	111,6
Semilla de Sacha Inchi	545	12898	120,6
Mandarinas preparadas o conservadas	0	9437	-,-
Aceite de almendra de palma	189	5357	130,8
Higos secos	319	5019	99,2
Cubos de durazno en jugo de fruta	32	3987	235,0
Otros aguardientes de vino (destilados de uva)	33	3960	230,8
Chochos secos (leguminosa andina)	996	3788	39,7
Sandías	978	3592	38,4
Hongos deshidratados	160	2180	92,0
Maní sin cáscara	247	1821	64,7
Pimienta sin triturar ni pulverizar	1	1526	476,1
Toronjas o pomelos	799	1491	16,9
Fresas	508	1451	30,0
Queso fresco	57	1430	123,9
Plátanos secos	102	1302	88,8
Frijoles y habas congeladas	105	1050	77,8
Resto	3151	19734	58,2
Total	10089	136912	91,9

1/. Se seleccionaron aquellos productos con una variación anual promedio mayor a 10 por ciento.

Fuente: Banco Central de Reserva del Perú [BCRP] (2019)

1.2. Retos actuales del sector

El sector del aceite de palma está pasando actualmente por varios retos que vienen principalmente generados por las nuevas normativas que se están aplicando tanto en Europa como en Estados Unidos.

Los principales retos son:

1.2.1. Deforestación

El principal reto es evitar la deforestación, y para ello lo importante es poder probar que el origen de los frutos no viene de un terreno que ha sido deforestado. Es por ese motivo que en Europa y Estados Unidos todas las grandes empresas que compran aceite de palma de Perú exigen que el aceite venga de cultivos sostenibles.

Los cultivos sostenibles son aquellos que justifican el origen de dicho aceite certificando que viene de palmas que están en terrenos no deforestados, para poder mantener la sostenibilidad del planeta. Además, hay que poder certificar la trazabilidad de toda la cadena (tema que trataremos a continuación) y que no ha habido trabajadores explotados durante el proceso.

En el pasado dicha práctica estuvo muy extendida tanto entre las grandes empresas como entre los pequeños palmicultores que iban ganando terreno a los bosques amazónicos en pro de seguir aumentando sus hectáreas cultivadas. A día de hoy esta práctica está disminuyendo además de estar penalizada por el estado peruano.

De hecho, según podemos ver en el último informe “El 74% del aceite de palma utilizado por la industria alimentaria en Europa está certificado como sostenible por RSPO” (6 de marzo de 2019):

La Fundación Española del Aceite de Palma Sostenible ha colaborado con ESPO (European Sustainable Palm Oil) en la elaboración del nuevo informe ‘Choosing sustainable palm oil – Progress report on the import and use of sustainable palm oil in Europe’. Esta revisión analiza el progreso en la importación y utilización de aceite de palma sostenible en Europa, así como las iniciativas nacionales para impulsar esta modalidad de aceite.

Según los datos publicados por ESPO en su informe, el 74% del aceite de palma utilizado por la industria alimentaria en Europa está certificado como sostenible por la Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO). El contexto actual permite señalar que el 99% del aceite de palma que entra en Europa es rastreable hasta el molino o almazara, y más del 84% del aceite de palma importado a Europa está cubierto por las políticas de sostenibilidad de las empresas ‘No Deforestación, No siembra en humedales (peatlands) y No explotación de los trabajadores’.

En términos absolutos, Europa importó 7,2 millones de toneladas de aceite de palma en 2017, el 12% de la importación mundial, según Oil World 2018. De esta importación, 3,8 millones de toneladas fueron utilizadas para la industria alimentaria, mientras que el resto, 3,4 millones de toneladas, fueron dirigidos al sector energético. El total de la importación dirigida a biocombustibles en Europa debe cumplir con la Renewable Energy Directive (RED), que tiene su propio sistema obligatorio de certificación de sostenibilidad. (p. 1).

1.2.2. Trazabilidad de la calidad

Otra de las mayores exigencias que hay por parte de las grandes empresas internacionales es la justificación de la trazabilidad del aceite comprado en toda la cadena, desde el palmicultor hasta la estantería en el comercio.

Además de la trazabilidad se requiere que se puedan probar tanto las buenas prácticas utilizadas en cada interacción del proceso, así como todas las certificaciones que posee cada uno de los intervinientes en el proceso, desde los palmicultores hasta las empresas logísticas que mueven el fruto fresco hasta las instalaciones del cliente.

1.3. Participantes en el proceso

En el proceso del procesamiento del aceite de palma intervienen diferentes participantes que se van incorporando a la cadena de suministro según el proceso lo va requiriendo. Los principales actores son, por orden de aparición en el proceso:

1.4. Palmicultores

En una inmensa mayoría las grandes empresas productoras de aceite de palma tienen que recurrir a palmicultores externos que les ayuden a completar el número de toneladas requeridas para llegar a la cuota anual establecida. Uno de los motivos por los que requieren comprar el fruto fresco a terceros es por las leyes en contra de la deforestación que se comenta en el punto anterior y que les impide seguir creciendo en campos propios.

Los palmicultores son pequeños empresarios de las zonas cercanas a la planta de procesado que viven exclusivamente del cultivo de la palma. En muchas ocasiones trabajan agrupándose en cooperativas que les ayudan tanto con temas técnicos, como en generar sinergias en centrales de compra y solicitudes de crédito.

En su gran mayoría vienen de un entorno socioeconómico bajo y con bajo conocimiento de gestión, por lo que muchos de ellos viven en el día a día sin tener un gran conocimiento del volumen de negocio que mueven o los beneficios que podrían tener con un mayor dominio de la información que hay alrededor de su plantación así como con una planificación más detallada de los insumos y recursos necesarios.

Otro factor que también ha incrementado el número de palmicultores fue el programa que lanzó el gobierno peruano en 2014 para reconvertir hectáreas de sembríos de hoja de coca en palma aceitera. En concreto se comenzó con las regiones de Ucayali y San Martín para poder dar alternativas a los productores cocaleros y apoyar a la disminución de dicho cultivo. Dentro del programa inicial el gobierno coordinó con algunas instituciones financieras para facilitar el acceso créditos a los palmicultores con una opción inicial de \$3,000 por hectárea y a devolver en 3 años. Además, en algunos casos llegaron incluso a asegurarles la compra del fruto por parte de alguna de las productoras de la zona.

Entre los principales retos de los palmicultores está su profesionalización dentro del sector, permitiéndoles tener un mayor conocimiento de las mejores prácticas en el cultivo de la palma y en la gestión del proceso de distribución, conocimientos básicos de finanzas y conocer los números que rodean su negocio (hectáreas cosechadas, toneladas producidas, margen neto de la producción, etc.).

Tabla 4. Detalle del número de hectáreas de palmicultores versus el número de empresas privadas

UBICACIÓN Propietario	ENVIVERO (Has)	En CAMPO DEFINITIVO (Has)		
		En Crecimiento	En Producción	Total Instaladas
SAN MARTÍN	450	550	400	1,400
<i>Empresa Privada</i>	<i>200</i>	<i>300</i>	<i>200</i>	<i>700</i>
Pequeñas empresas	-			
<i>Pequeños palmicultores asociados</i>	<i>250</i>	<i>250</i>	<i>200</i>	<i>700</i>
ACEPAT	250	250	200	
Palmicultores asociados	-	-	-	
<i>Palmicultores con el MINAG</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	
UCAYALI	9,632	1,717	3,392	14,741
Palmicultores asociados con apoyo del GOREU-	9,632	1,717	3,392	5,109
Empresa Privada				
Nuevos pequeños palmicultores MINAG				
Nuevos pequeños palmicultores PNUFID				
LORETO	1,741	5,884	5,970	13,595
<i>Empresa Privada</i>	<i>1,500</i>	<i>5,000</i>	<i>4,000</i>	<i>10,500</i>
<i>Pequeños palmicultores asociados</i>	<i>241</i>	<i>884</i>	<i>1,970</i>	<i>3,095</i>
Pequeños palmicultores asociados	241	884	1,970	
Nuevos pequeños palmicultores MINAG				
HUÁNUCO	-	929	71	1,000
Pequeños palmicultores asociados	-	929	71	1,000
Nuevos pequeños palmicultores MINAG				
TOTAL	11,823	9,080	9,833	30,736

Fuente: Ministerio de Agricultura [Minagri] (2012)

1.5. Procesadores de aceite / Productores / Cooperativas / Distribuidores

En este caso son todas grandes empresas que puede que tengan hectáreas propias o no, pero tienen la capacidad de procesamiento del fruto fresco y embotellado y distribución del aceite de palma.

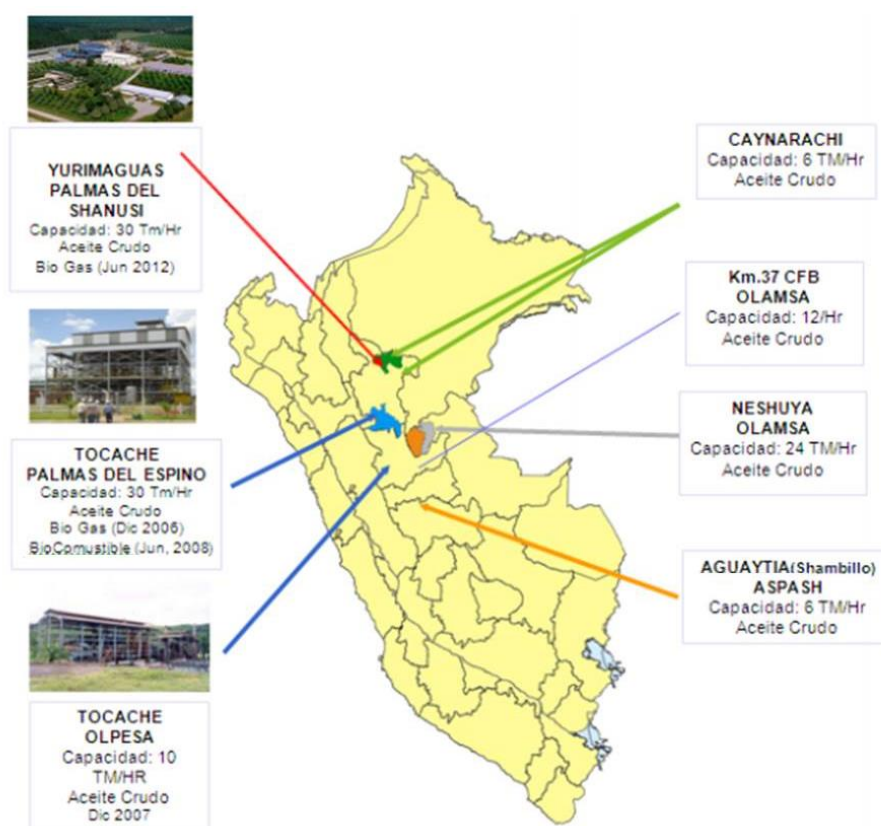
Los productores tienen varias dificultades dentro de su cadena de suministro. Una de las principales es la de garantizar el volumen suficiente de fruto fresco para que la fábrica de procesamiento pueda estar trabajando al máximo de su capacidad todo el tiempo. Normalmente para conseguirlo deben tener una combinación de producción propia y de terceros, ya que

debido a las normativas que limitan la deforestación no se pueden generar nuevas hectáreas de plantación donde hay bosques amazónicos.

Por otro lado deben de ser capaces de mantener una trazabilidad del producto desde el lugar donde ha sido recolectado hasta el cliente que se lo compra, ya que dentro de la cadena son el que produce el producto final y el vínculo de unión entre agricultores y multinacionales de alimentos.

En la siguiente gráfica podemos encontrar la distribución en el país de las plantas de procesamiento o extractoras incluyendo la capacidad de procesamiento que tienen y el tipo de producto que elaboran:

Figura 1. Ubicación de plantas de procesamiento de palma aceitera



Fuente: Ministerio de Agricultura [Minagri](2012)

Y para terminar de tener una idea clara de su capacidad, el siguiente cuadro nos muestra la capacidad instalada por cada una de ellas:

Tabla 5. Capacidad instalada por cada región

Empresa	Ubicación	Capacidad Extractora TM/RFF/Hora	Capacidad de Procesar TM/RFF/año	Capacidad de Producir Aceite TM/RFF/año	Capacidad Utilizada TM/Aceite
OLAMSA	Región Ucayali-Neshuya	12	86,400	17,200	9,140
OLPASA	Región Ucayali-Aguaytía	6	43,200	8,640	3,000
INDULPASA	Región San Martín-Caynarachi	6	43,200	8,640	2,150
OLPESA	Región San Martín-Tocache	10	72,200	14,400	9,175
Palmas del Espino	Región San Martín-Uchiza	60	432,000	108,400	34,000
Palmas Bolívar-Tocache	Región San Martín-Tocache	10	72,000	14,400	1,990
Palmas del Shanusi	Región Loreto-Yurimaguas	20	140,000	28,666	14,233
TOTAL		124	888,800	200,346	73,688

Fuente: Ministerio de Agricultura[Minagri] (2012)

1.6. Proveedores de materias primas

Una parte también importante de mencionar dentro de la cadena de sostenibilidad del aceite de palma son todos los productos que intervienen en el proceso del cultivo y cuidado de las palmas. Si bien no entra dentro de la categoría de sostenible, ya que para eso sólo se requiere asegurar que el aceite no venga de terreno deforestado, que se pueda hacer seguimiento del proceso y que en el mismo no haya trabajadores explotados, la calidad de los insumos como puede ser los fertilizantes y pesticidas, contribuirá a la calidad del producto terminado.

Dentro de las materias primas, especialmente cuando hablamos de los fertilizantes y los agroquímicos, está demostrado que algunos de ellos pueden llegar a producir efectos nocivos en la salud, por lo que será importante el poder justificar a todos los participantes de la cadena que las materias primas utilizadas en todo el proceso cumplen con todos los estándares establecidos.

1.7. Empresas logísticas

Las empresas logísticas son las que se encargan de llevar el aceite de palma en sus diferentes formatos a las multinacionales de alimentos. En pocas ocasiones los productores tienen capacidad logística para llevar a cabo los envíos ellos mismos, por lo que deben contar con empresas logísticas que hagan el trabajo. Además los principales clientes suelen estar en Europa y Estados Unidos por lo que la complejidad de los envíos hace que se requiera de empresas especializadas.

Dentro de sus obligaciones está la de mantener las condiciones necesarias para que el producto no pierda sus propiedades, y no romper la trazabilidad del producto.

1.8. Multinacionales de alimentos

Las multinacionales de alimentos, como pueden ser Nestlé o Procter & Gamble, son los principales clientes de las productoras de aceite de palma.

Desde hace unos años la tendencia y el foco dentro de las multinacionales de alimentos es el poder tener una trazabilidad completa de punto a punto de los alimentos. Además en el caso del aceite de palma, la presión es todavía mayor y se requiere no sólo el saber de qué agricultor viene y cuál fue todo el proceso de producción y distribución, si no que se solicita a los proveedores de aceite que faciliten también información de los diferentes certificados que tienen todos los intervinientes en el proceso, que se garantice que ninguna botella de aceite viene de una hectárea deforestada, y que las condiciones de transporte y almacenamiento han cumplido con los estándares requeridos.

1.9. Supermercados / Detallistas / Venta online

Es el punto final de la cadena antes de llegar al consumidor final. Dada su posición no tienen un gran poder dentro de la cadena, ya que su labor es cubrir las necesidades de los consumidores finales y para ello deben disponer de las opciones que ponen en el mercado las grandes multinacionales de alimentos.

En el caso de haber presiones por el aceite de palma, dichas presiones pasan directamente a los eslabones anteriores que serán los responsables de dar una respuesta a las necesidades del mercado y de las legislaciones vigentes.

1.10. Consumidores finales

Los consumidores finales son los que cada vez meten más presión a toda la cadena de producción, desde el agricultor al supermercado, ya que la tendencia es que cada vez se preocupen más por su salud y por el origen de todos los alimentos que compran.

Hay una tendencia en el mercado que critica mucho el uso del aceite de palma, especialmente en 2 líneas: por un lado todos los productos que no explicitan el uso del aceite de palma dentro de sus ingredientes, y por otro el del uso del aceite de palma que no tenga un origen sostenible y que no pueda justificar que no proviene de hectáreas que han generado deforestación de bosque amazónico.

Dichas tendencias vienen generadas por la presión de los consumidores finales que decanta en presión al retail y finalmente al origen de la cadena, afectando a palmicultores y productores de aceite de palma.

El mercado está moviéndose rápidamente para dar una respuesta a dichas inquietudes y de hecho así lo indican las cifras que llegan desde Europa y Estados Unidos, como veíamos en la reseña de la Fundación Española del Aceite de Palma Sostenible en el punto anterior de deforestación.



Capítulo 2. Presentación de la tecnología Blockchain

Blockchain, o también llamada en su traducción en español “cadena de bloques”, es un sistema descentralizado de registros únicos, que se rigen bajo un consenso y que se distribuyen en varios nodos bajo una misma red. Además no existen entidades que funcionen como propietarias o autoridad sobre la misma, por lo que una de sus principales propiedades es la independencia.

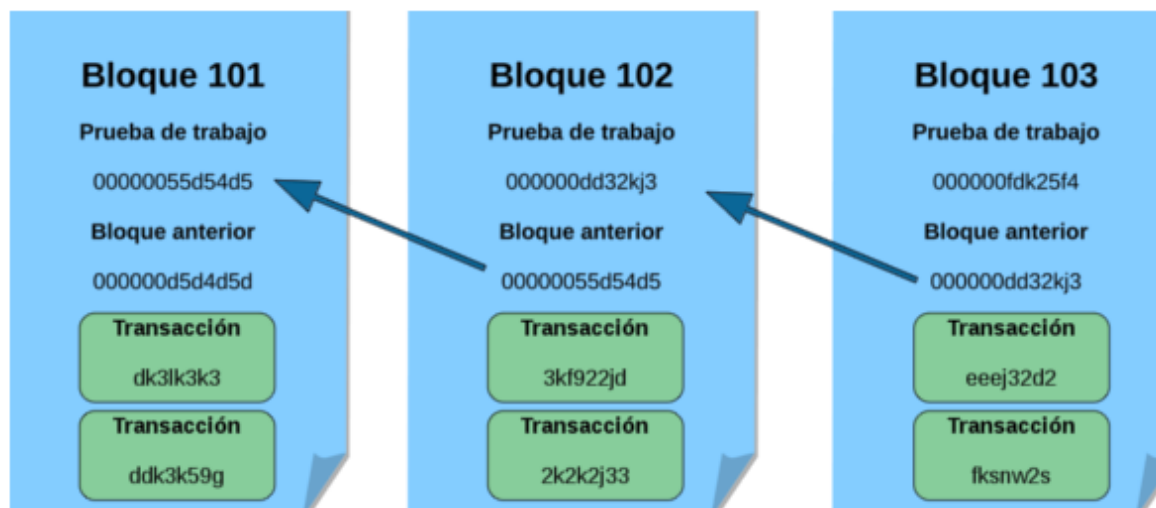
El intercambio de información dentro del sistema Blockchain se hace por medio de bloques. Cada bloque contiene la información que se está enviando, que puede ser cualquier tipo de contenido digital: un registro de una transacción, una fecha, un documento, etc., además de tener información del propio bloque a modo de identificador, y la vinculación de dicho bloque con el bloque anterior y el siguiente, denominado Hash.

Por ese motivo cada vez que se envía un bloque con información, dicho bloque se anexará a la cadena de bloques, y tendrá un lugar en la cadena que será inamovible ya que estará precedido por los bloques anteriores y seguido por los bloques que se sigan generando en el sistema.

Además dicha información, es decir, la cadena completa se almacena en cada uno de los nodos que compongan el sistema, por lo que la información estará replicada en todos ellos, siendo estos otros de los grandes beneficios que tiene Blockchain, como son la incorruptibilidad e inmutabilidad, ya que si bien en un sistema normal alguien podría entrar en la base de datos para cambiar un registro, en este caso no es factible ya que tendría que entrar a cambiar todas las cadenas replicadas en cada uno de los nodos del sistema.

Para hacer un símil sencillo de entender, se podría considerar el sistema Blockchain como si fuera un libro de cuentas, y las diferentes transacciones que en nuestro caso generan bloques se irían registrando en el debe y en el haber de nuestro libro, es decir, cuando yo envíe información a través de Blockchain, dicha transacción quedará registrada en el libro de cuentas, que además estará replicado en todos los participantes que haya en nuestra red.

Figura 2. Representación de bloques de blockchain



Fuente: elaboración propia

2.1. Funcionamiento de Blockchain

Todas las transacciones deben pasar un proceso de consenso para poder ser aprobadas y pasar a formar parte de la cadena de bloques. Dicho consenso contiene todos los criterios que debe cumplir la transacción para que sea aprobada e incorporada a la cadena.

Además, hay un mecanismo más de control, llamado “Contrato Inteligente” (del inglés *Smart Contract*). Dichos contratos inteligentes contienen condiciones que se quieren incorporar a las transacciones así como acciones que se disparan en función de cada escenario. Por ejemplo, podemos decir que cuando se registre la llegada de un camión en la cadena de bloques, si la temperatura que ha mantenido el camión durante el trayecto ha roto la cadena de frío genere un cargo automático al proveedor por incumplimiento del contrato. O también se puede hacer que se deniegue la transacción por no cumplir los estándares establecidos. Los Contratos Inteligentes son de gran utilidad ya que permiten llegar a un nivel de acción automatizada antes no disponible, además de que se pueden alimentar de diferentes fuentes como pueden ser bases de datos terceras, dispositivos que emitan información, etc.

2.2. Ventajas de Blockchain

Algunas de ellas ya las he ido comentado en los pasos anteriores, pero resumiendo las principales serían las siguientes:

2.2.1. Seguridad

Al ser un sistema descentralizado asegura la incorruptibilidad de la información al no ser factible entrar a cambiar la información al sistema, al estar la información descentralizada y distribuida en diferentes nodos.

2.2.2. Transparencia

Todos los participantes de la cadena de bloques pueden ver la información del sistema. De todas formas dentro de cada Blockchain se pueden definir los permisos de cada participante de la misma, pudiendo limitar los accesos si así fuera necesario.

2.2.3. Confianza

Especialmente gracias a la conjunción de los 2 puntos anteriores, este sistema permite aumentar la confianza de todos los participantes. Por ese motivo es de gran utilidad en todos casos de uso en los que la veracidad de la información es de vital importancia, como pueden ser las necesidades de trazabilidad o las de envío de información confidencial o sensible.

2.2.4. Ahorro en costos

Una de las primeras consecuencias de Blockchain es la disminución de los costos en la operación, ya que al aportar la seguridad de las transacciones ya no será necesario contar con los servicios de una entidad intermedia que haga las veces de auditor de la información, por lo que acabará redundando en un ahorro de costos para todos los participantes. Por ejemplo podemos verlo reflejado en el envío de dinero a través de Blockchain: si una persona A le quiere enviar dinero a una persona B, al tener la seguridad de la transacción ya no será necesario contar con un banco que haga de intermediario que confirme que la persona A tiene dinero disponible y que la persona B lo ha recibido, ya que el propio sistema asumirá dicho papel. De la misma manera lo podemos ver en cualquier transacción digital que a día de hoy requiera de un tercero con papel de auditor para llevarla a cabo.

Otro de los ahorros que va a llevar consigo es de la integración con otros sistemas, ya que no será necesaria. Normalmente si quisiéramos integrar a diferentes entes dentro de un ecosistema, sería necesario realizar un desarrollo que se integre con cada uno de sus sistemas que genera la información (ERP, CRM, sistemas propios, etc.). Sin embargo en este caso tan sólo será necesario que cada ente envíe la

información al sistema Blockchain para que se realice la transacción, por lo que la inversión en tiempo y costo será mucho menor.



Capítulo 3. Propuesta del proyecto de implementación

El objetivo de este trabajo de investigación es proponer una solución que pueda aplicar los beneficios de la tecnología Blockchain al sector del aceite de palma, y que le permita pasar a un siguiente nivel de profesionalización que será de gran ayuda de cara a paliar los principales retos que tiene actualmente.

Los principales resultados de aplicar la tecnología Blockchain serían los siguientes:

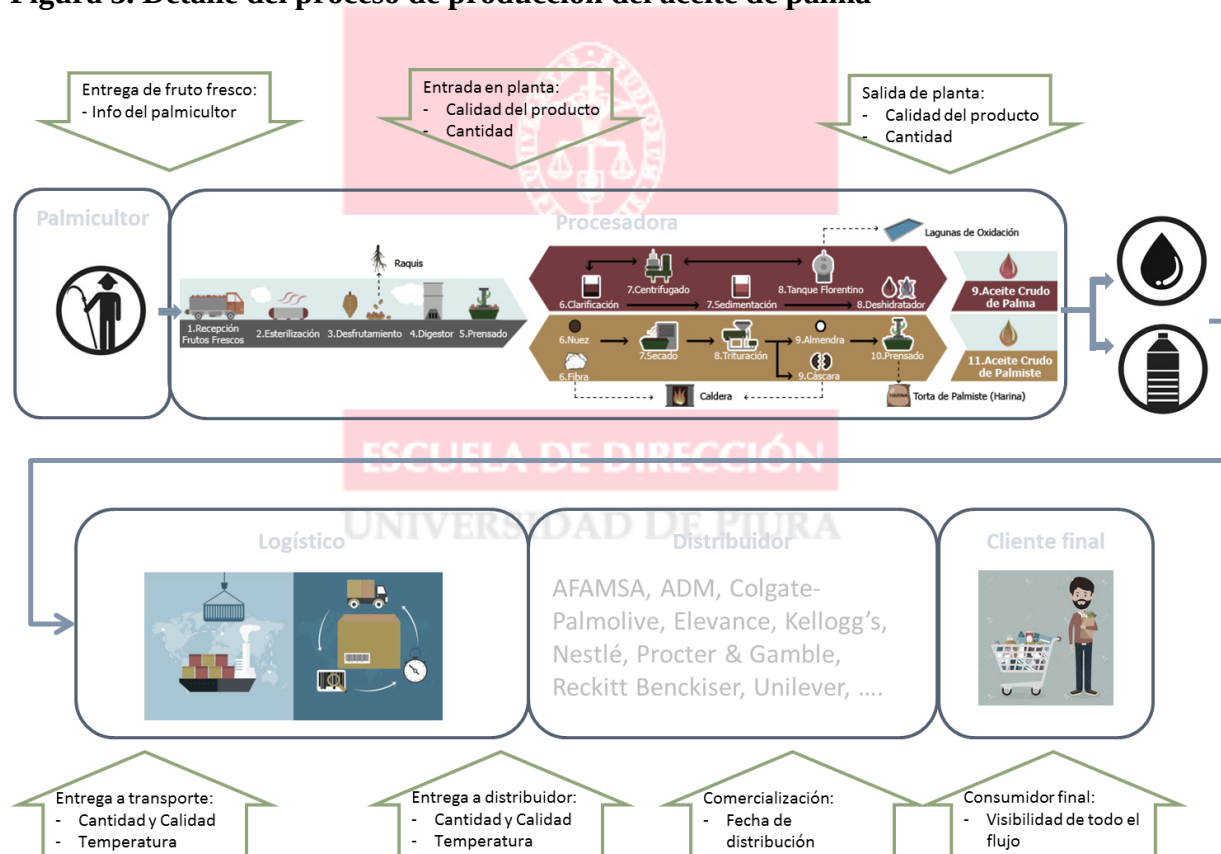
- **Confianza en el producto:** gracias a esta propuesta, Blockchain permitiría asegurar la trazabilidad del producto, generando de esta forma confianza en todos los actores del proceso, incluidos los más demandantes de la misma como son los distribuidores, los canales de venta y por último los consumidores finales.
- **Seguridad contra la deforestación:** Además de la trazabilidad también se añadirán al sistema las coordenadas de las hectáreas cosechadas, así como los certificados que garantizan la conservación de los bosques amazónicos de la zona.
- **Profesionalización de los palmicultores:** Una vez esté implementado el sistema, uno de los actores beneficiados serán los palmicultores, ya que se les proporcionará un portal web donde podrán tener siempre información actualizada sobre la productividad de su plantación, con detalle de hectáreas cosechadas, toneladas entregadas, variación respecto a campañas anteriores, y una estimación de margen bruto sobre el fruto entregado.
- **Mayor detalle en la logística del proceso:** Hasta ahora la visibilidad del proceso se perdía cuando el aceite de palma llegaba al punto de distribución nacional e internacional. De esta manera se tendrá una visibilidad completa de punto a punto, además de que automatizará muchas tareas que hasta ahora se llevaban de forma manual y en muchos casos de forma descentralizada, como puede el ingreso de información de calidad del producto al llegar a los puntos de distribución final, mermas en cada traslado, etc.
- **Nuevos modelos de negocio:** Una vez se tenga más información de punto a punto, se va a poder aportar más valor a la cadena o incluso crear nuevos modelos de negocio, ya que se va a tener una información que hasta ahora no existía, como puede ser tiempos de transporte por cada ruta y compañía naviera, rankings de transportistas que mejor cumplen las condiciones pactadas de tiempos y calidad, etc

3.1. Proceso

Una vez entendidas las ventajas de usar Blockchain lo más importante es identificar todos los puntos de interacción que vamos a tener, es decir, en que momento dentro del proceso se va a interactuar con el sistema de cadenas de bloques bien registrando información, o bien consultándola. De esta forma podremos definir las necesidades.

Cabe destacar que al ser Blockchain un sistema de almacenamiento de información, necesitaremos generar todos los mecanismos de intercambio de información, que bien puede ser de forma automática si hacemos que ciertos eventos se envíen directamente al sistema, o generando puntos de entrada de información como webs o desarrollos móviles.

Figura 3. Detalle del proceso de producción del aceite de palma



Fuente: elaboración propia

3.2. Puntos de generación de información:

3.2.1. Entrega del fruto fresco

El proceso inicia en la balanza de entrada, donde se genera la primera interacción con el sistema, y se carga en Blockchain de forma automática toda la información que se graba también en el ERP:

- Tipo de carga: automática (es la misma información que se genera en el ERP)
- Información registrada:
 - Información del palmicultor
 - Certificados que tenga de calidad. En concreto uno de los certificados más valorados es el de RSPO (Round Table of Sustainable Palm Oil - Mesa Redonda sobre el Aceite Sostenible). En el sistema se cargaría el correspondiente certificado obtenido por la misma The Roundtable on Sustainable Palm Oil.

Figura 4. 8 principios de RSPO



Fuente: Junta Ejecutiva de la RSPO (2013)

Figura 5. Certificado de RSPO





RSPO CERTIFICATE

SIRIM QAS International Sdn. Bhd. hereby certifies that

LAM SOON PLANTATIONS SDN. BHD.
LAM SOON PALM OIL MILL
28 KM OFF LAHAD DATU-SANDAKAN HIGHWAY
91109 LAHAD DATU
SABAH
MALAYSIA

RSPO number (if applicable) : _____

RSPO registered parent company (if applicable) : **LAM SOON PLANTATIONS SDN. BHD**

RSPO number of parent company : **1-0044-07-000-00**

has implemented a Management and Production System complying with

Malaysian National Interpretation of Roundtable on Sustainable Palm Oil (RSPO)
Principles and Criteria, 2014

RSPO Supply Chain Certification Standard, November 2014

Scope of assessment :

PRODUCTION OF SUSTAINABLE CRUDE PALM OIL AND PALM KERNEL USING THE
IDENTITY PRESERVED (IP) SUPPLY CHAIN MODEL

Supply chain model assessed : IDENTITY PRESERVED (IP) ☒

SEGREGATED (SG) ☐

MASS BALANCE (MB) ☐

Appendix A, which details the smallholder scheme covered by this certification, and Appendix B, which details the tonnage of crude palm oil and palm kernel claimed for certification, are integral parts of this certificate.

Start date of certification : **25-08-2017**

Expiration date of certification : **24-08-2022**

Issue date of certificate : **25-08-2017**

Certificate number : **RPC 00125**

Issued by SIRIM QAS International Sdn. Bhd.

SIRIM QAS International Sdn. Bhd.
 (Co. No. 410334 - x)
 1, Persiaran Dato' Menteri
 Section 2, P.O. Box 7035
 40700 Shah Alam
 Selangor Darul Ehsan
 MALAYSIA

Tel : 6 03 55446400
 Fax : 6 03 55446810

<http://www.sirim-qas.com.my>
<http://www.malaysiancertified.com.my>

Authorised Signatory Name : **Aminah Ang**

Authorised Signature : 

This certificate is the property of SIRIM QAS International Sdn Bhd and is subject to the terms and conditions governing the granting of a Certificate of Registration as stated in the RSPO Certification Agreement.

Fuente: Lam Soon. (s. f.)

- Informe de los trabajadores dados de alta en su empresa, que justificará que no hay trabajadores explotados
- Certificado por parte de la empresa de que no ha deforestado bosque selvático
- Información del terreno
 - Número de hectáreas
 - Coordenadas
- Información del fruto
 - Cantidad (peso en toneladas)
 - Medición de calidad. A la hora de medir la calidad hay diversos criterios que se miden para poder evaluar que el producto esté dentro de los límites exigidos:
 - Acidez
 - Humedad
 - Impurezas
 - Dobi
 - Peróxido
 - Fecha y hora de entrega

3.2.2. Entrada en planta

En este punto se carga la información antes de que pase el fruto fresco dentro de la procesadora para ser transformado

- Tipo de carga: automática (es la misma información que se genera en el ERP)
- Información registrada:
 - Información del fruto
 - Cantidad (peso en toneladas)
 - Medición de calidad. Se miden los mismos patrones que en el punto de entrega.

- Fecha y hora de entrega

3.2.3. Salida de planta

Una vez procesado, lo más relevante es registrar la calidad obtenida, así como el volumen actual tras pasar por todo el tratamiento del fruto

- Tipo de carga: automática (es la misma información que se genera en el ERP)
- Información registrada:
 - Información del fruto
 - Cantidad (peso en toneladas)
 - Medición de calidad. Los análisis que se toman en cuenta es de acuerdo de la especificación técnica de cada cliente. Por ejemplo, un cliente puede solicitar que el porcentaje de peróxido no sea mayor a 1%. En ese caso al momento de analizar el departamento de calidad le da el visto bueno siempre y cuando no supere el porcentaje anteriormente mencionado. Hay máximos que no se pueden superar o intervalos en los que debe estar el producto. Por eso dicha información es muy importante que quede registrada a lo largo del proceso
 - Fecha y hora de entrega

Figura 6. Certificado de calidad

PRODUCTO	Aceite Palmerola Extra Fritura EX		
PRESENTACIÓN	Balde x 20 L		
LOTE	008		
Nº CONTENEDOR	ONEU0289230	Nº PRECINTO	003PA017496
FECHA DE PRODUCCIÓN	10/07/2019	FECHA DE VENCIMIENTO	10/07/2020
FECHA DE ANÁLISIS	10/07/2019		

Características	Análisis Lote	Standard Producto	Unidades	Métodos AOCS
- Acidez (Palmítico)(*)	0.039	0.06 Máx	%	Ca 5a - 40
- Humedad y Mat. Volátil	0.024	0.05 Máx	%	Ca 2c - 25
- Índice de Peróxido(**)	0.32	1.0 Máx	mEq / Kg	Cd 8 - 53
- Antioxidante (como TBHQ)	185.0	180 - 200	ppm	-
Características Sensoriales				
- Olor	Conforme	Neutro, libre de olor extraño y rancio		
- Sabor	Conforme	Neutro, libre de olor extraño y rancio		

(*) Valor medido en nuestra línea de proceso.

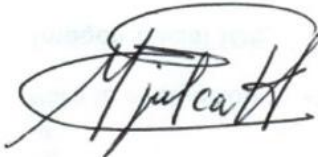
(**) Valor medido en nuestra línea de proceso, 1 meq/kg máximo como producto envasado (En los almacenes) o para despacho. No más de 5 meq/kg. Al término de su vida útil.

CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES SANITARIAS

Libre de sustancias extrañas.

APTO PARA CONSUMO HUMANO





ING. MANUEL JULCA H.

JEFE DE CALIDAD Y LABORATORIO

INDUSTRIAS DEL ESPINO S.A.

CIP N° 118118

Fuente: Industrias del Espino S.A. (2019)

Figura 7. Informe de calidad de laboratorio



**Alex Stewart
(International) del Perú S.R.L.**

INFORME DE ENSAYO

N° [REDACTED]

Pág 1 de 1

Ciente : [REDACTED]
Dirección : [REDACTED]
Producto descrito por el cliente : Estearina de Palma RBD, Origen Peru (Refined Bleached deodorized Palm Stearine) Origin Peruvian
Identificación de la muestra : Tanque 5P - Precinto N° 0475451 - MT/ GOLDEN PARK
 Cantidad: 810.380 MT - Productor: Ind. Del Espino
 Solicitud de Servicio SS/766 - PER/07244-19
Cantidad de muestras : 01 Muestra de 500ml Aprox.
Envase : Botella Plástica
Fecha de recepción : 10.06.19
Inicio de análisis : 10.06.19
Término de análisis : 13.06.19
Referencia : Solicitud de Ensayo N° 113

RESULTADOS:

ANÁLISIS	UNIDADES	ASA-O 3045
Acidez exp. como Acido Palmítico	(%)	0.10
Humedad y Materia Volátil	(%)	0.03
Índice de Peróxido	(meqO ₂ /Kg)	1.1
Impurezas Insolubles	(%)	0.01
Índice de Yodo	(% iodine absorbed)	42.49
Apariencia		Semi Sólido
Sabor		Característico propio del producto
Olor		Característico propio del producto
Color Lovibond (Celda 5¼")	Rojo	2.2
Slip Melting Point	°C	44.2

MÉTODOS:

ISO 660:2009 Método 4. Animal and vegetable fats and oils -Determination of acid value and acidity - Hot ethanol method using indicator
 ISO 662:2016 Método B. Animal and vegetable fats and oils. Determination of moisture and volatile matter content
 ISO 3960:2017. Animal and vegetable fats and oils. Determination of peroxide value. Iodometric (visual) endpoint determination
 ISO 663:2017. Animal and Vegetable fats and oils. Determination of insoluble impurities content
 ISO 3961:2018. Animal and vegetable fats and oils - Determination of iodine value
 ISO 15305:1998. Animal and vegetable fats and oils - Determination of Lovibond colour
 ISO 6321: 2002. Animal and vegetable fats and oils- determination of melting point in open capillary tubes (slip point)

Lima, 14 de junio del 2019



Blgo. Edgardo Chafloque Uriarte
Fosfa Accredited Analyst
Fosfa International Official Seal N° B02201

MAP

Los resultados emitidos en este informe corresponden únicamente a la cantidad de muestra recibida y ensayada en el laboratorio, no deben ser utilizados como certificación de conformidad con las normas de producto o sistema de calidad.
ADVERTENCIA: La alteración parcial o total de este documento es penalizado por ley. Cualquier corrección sólo podrá ser realizada por Alex Stewart (International) del Perú S.R.L. reemplazándolo por uno nuevo.

ASA-P-T-09

Form.15.-Rev.06-Ene.13

ESTE DOCUMENTO HA SIDO EMITIDO EN BASE A LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS Y PRUEBAS EFECTUADOS EN NUESTRO LABORATORIO CON LA MAYOR HABILIDAD, CONOCIMIENTOS Y BUENA FE. LA RESPONSABILIDAD DE ALEX STEWART (INTERNATIONAL) DEL PERU S.R.L. AL EMITIR EL PRESENTE DOCUMENTO ESTÁ LIMITADA A LAS CONDICIONES DE DEPOSITACIÓN DE MUESTRAS SEÑALADAS POR EL CLIENTE. EL PRESENTE DOCUMENTO NO PUEDE SER USADO PARA OTROS FINES.

Fuente: Alex Stewart (International) del Perú [ASI] (2019)

3.2.4. Entrega a transporte

En este punto además de los datos de calidad y peso, se añade una variable más referente a la temperatura, ya que, si bien la calidad del aceite de palma no sufre por los cambios de temperatura, por debajo de 40°C se solidifica y no se puede extraer de los camiones cisterna una vez llegue a destino

En primer lugar se añaden los diversos certificados de la mercancía, que pueden variar en función del cliente. La siguiente imagen es un ejemplo de un certificado solicitado para asegurar que el producto es apto para el consumo humano.



Figura 8. Certificado de apto para consumo humano

Page Nº 1 of 1

ITS REF.: PER/07244-19

FIT FOR HUMAN CONSUMPTION CERTIFICATE

SHIPPER	:	INDUSTRIAS DEL ESPINO S.A.
PRODUCT	:	ESTEARINA DE PALMA RBD, ORIGEN PERU (REFINED BLEACHED DEODORIZED PALM STEARINE), ORIGIN PERUVIAN
QUANTITY	:	810.380 MT
VESSEL	:	"GOLDENGATE PARK"
PORT OF LOADING	:	APM TERMINALS, CALLAO PERU
PORT OF DISCHARGE	:	SANTA MARTA, COLOMBIA
SHIP TANKS N°	:	5P
DATE	:	06/06/2019

INTERTEK TESTING SERVICES PERU S.A. - CERTIFY THAT:

SAMPLING: Representative sampling of the cargo was performed from shore tank before loading operation as per ISO 5555. A composite sample proportionally mixed was submitted for analysis in a reputable laboratory and we certify the average actual analysis results as follows:

1) Chemical Analysis

ANALYSYS	METHODS	RESULTS
		LOT: TK 6
FREE FATTY ACID	ISO-660.2009	0,09 %(m/m)
MOISTURE AND VOLATILE MATTER	ISO-662.2016	0,04 %(m/m)
INSOLUBLE IMPURITIES	ISO-663.2017	0,00 %(m/m)
PEROXIDE INDEX	ISO 3960 2017	... meqO2/Kg
SAPONIFICATION INDEX	AOCS cd 3-25 2017	... mgKOH/g
ACID VALUE	ISO 660.2009	0, ... mgKOH/g
IRON (Fe)	ITS-011.2016	< 0,20 mg/kg
ARSENIC (As)	AOAC 986.15 2005	< 0,006 mg/kg
COPPER (Cu)	ITS-011.2016	< 0,05 mg/kg
LEAD (Pb)	ITS-011.2016	< 0,08 mg/kg

2) Physical Analysis

ANALYSYS	METHODS	RESULTS
		LOT: TK 6
APPEARANCE	ISO 4121.2003	FATTY LIQUID
COLOR	ISO 4121.2003	WHITE TRANSLUCENT
STRANGE MATTER	ISO 4121.2003	ABSENCE
ODOR	ISO 4121.2003	CARACTERISTIC OF THE PRODUCT

JOHN LOPEZ MALAGA
FOSFA SURVEYOR

THIS CERTIFICATE IS ISSUED AT LIMA, PERU ON JUNE 10th, 2019

Fuente: Intertek testing services Peru S.A. (2019)

El transporte tiene 4 opciones bien diferenciadas:

- ❖ Entrega a un cliente nacional: es un envío directo terrestre
 - Puede ser el aceite en crudo, principalmente para alimento balanceado, y se realiza en camión cisterna
 - Aunque la gran mayoría es en botellas directas para el consumo (PET), y el transporte es en palés
- ❖ Exportación para clientes internacionales o traders
 - La venta es principalmente de crudo y tiene 2 fases
 - Envío en camiones cisterna al puerto
 - Consolidado en un buque cisterna y envío internacional

Información generada en el tramo logístico

- Tipo de carga: esta información no se manejaba hasta ahora, ya que la información de la empresa acababa una vez el camión salía de la planta. En este caso hay que generar una integración con el sistema de información de cada una de las empresas logísticas involucradas, tanto por tierra como por mar
- Información registrada:
 - Información del producto
 - Cantidad (peso en toneladas)
 - Medición de calidad. Según lo ya mencionado anteriormente.
 - Fecha y hora de entrega
 - Temperatura en el momento de carga y descarga
 - Información logística
 - Datos de la empresa de transporte
 - Certificados de calidad
 - Datos del conductor del camión
 - Información detallada de la ruta a seguir
 - Fecha estimada de entrega

- En todos los casos se añade la documentación reglamentaria del envío, como son las guías de remisión, conocimiento de embarque (bill of lading adjunto) y detalle de la carga, información que en este caso también sería cargada al Blockchain creado:

Figura 9. Conocimiento de embarque

TANKER BILL OF LADING B/L No. 1A

Shipped on board in apparent good order and condition by (shipper) INDUSTRIAS DEL ESPINO S.A
PALMAWASI SN - UCHIZA, TOCACHE - SAN MARTIN

on board the tanker WINDFARMER at the port of CALLAO, PERU
whereof Capt. Prokudin Mikhail is the Master, to be delivered to the port of SANTA MARTA, COLOMBIA
Consignee/Order of: TO ORDER

Notify: INDUSTRIAS DEL ESPINO S.A

Combined transport, pre-carriage from: _____
Combined transport onward carriage: _____
On board barge/transshipment vessel: _____
On board date, ocean carrier: JUNE 06, 2019

When the Pre-carriage or Onward Carriage lines are filled out, shipment will be treated as Through Combined Transport. Carrier undertakes entire transport from the place where the cargo is taken in charge to place designated for its delivery and assumes full liability for such transport as per the governing Charter Party.

A quantity in bulk said by the shipper to be:

COMMODITY (Name of Product)	QUANTITY (lbs/tons/barrels/gallons/kgs)
ESTEARINA DE PALMA RBD, ORIGEN PERU (REFINED BLEACHED DEODORIZED PALM STEARINE), ORIGIN PERUVIAN	810.380 MT

CLEAN ON BOARD
FREIGHT PAYABLE AS PER CHARTER PARTY
HS CODE: 15.11.90.00.00

SHIPS TANKS LOADED:
5P

PRODUCT NAME (AS PER IBC CODE) PALM STEARIN
CATEGORY: Y
MELTING POINT (DEG): 52 DEG C
VISCOSITY AT 20 DEGREES C (MPA.S) - SEMI SOLID
TEMPERATURE AT WHICH CARGO HAS A VISCOSITY OF 50MPAS (DEG C): 64 DEGREES CELSIUS

The quantity, measurement, weight, gauge, quality, nature and value and actual condition of the cargo unknown to the carrier, the Vessel and the Master, to be delivered at the port of discharge or so near thereto as the Vessel can safely get, always afloat upon prior payment of freight as agreed.

This shipment is carried under and pursuant to the terms of the Charter dated 05 20 2019
Month Day Year
at _____ between ULTRANAV INTERNATIONAL S.A.
and BUNGE LATIN AMERICA LLC as Charterer, and all the terms whatsoever of the said Charter, including the arbitration clause except the rate and payment of freight specified therein apply to and govern the rights of parties concerned in this shipment. Copy of the Charter may be obtained from the Shipper or Charterer. The freight is earned concurrent with loading, ship and/or cargo lost or not lost or abandoned.

The Owner shall have an absolute lien on the cargo for all freight, dead freight, demurrage/detention and for costs/expenses including attorney's fees, of recovering the same, which lien shall continue after delivery of the cargo into the possession of the Charterer, or of the holders of any bills of lading covering the same, or of any storageman. Owner shall be entitled to sell the property lien and apply the proceeds toward satisfaction of any such sums due.

If this Bill of Lading is a document of title to which the Carriage of Goods by Sea Act of the United States, approved April 16th, 1936, applies by reason of the port of lading or discharge being in territory in which the said Act is in force, this Bill of Lading shall have effect subject to the provisions of the said Act which shall be deemed incorporated herein, and nothing herein contained shall be deemed a surrender by the carrier of any of its rights or immunities or an increase of any of its responsibilities or liabilities under said Act. If any term of this Bill of Lading is repugnant to the said Act as so incorporated, such terms shall be void to that extent but no further. The contract of carriage evidenced by this Bill of Lading is between the shipper, consignee and/or owner of the cargo and the owner or demise charterer of the vessel named herein to carry the cargo described above (the "Carrier"). It is understood and agreed that, other than said shipowner or demise charterer, no person, firm or corporation or other legal entity whatsoever, is or shall be deemed to be liable with respect to the shipment as carrier, bailee or otherwise in contract or in tort. If, however, it shall be adjudged that any other than said shipowner or demise charterer is carrier or bailee of said shipment or under any responsibility with respect thereto, all limitations of or exonerations from liability and all defenses provided by law or by the terms of the contract of carriage shall be available to such other.

In Witness Whereof, the Master has signed THREE -3-
Bills of Lading of this tenor and date, one of which being accomplished, the others will be void.
Dated at CALLAO, PERU this 6 day of JUNE 2019

AS CARRIER

Transtotal Agencia Marítima S.A.
and on behalf of the Master of the "GOLDENGATE PARK V.44"

Fuente: Transtotal Agencia Marítima S.A. (2019)

3.2.5. Entrega a distribuidor

De cara al distribuidor lo más importante es la calidad, y la fecha de entrega, ya que a futuro nos va a permitir sacar muchas conclusiones sobre el proceso logístico, que aunque es tercerizado y no depende de la empresa se tiene una visión completa, pudiendo generar mucho más valor a los clientes al buscar la opción que más se adecue a sus necesidades

- Tipo de carga: integración con los sistemas de información que tenga el cliente
- Información registrada:
 - Información del producto
 - Cantidad (peso en toneladas)
 - Medición de calidad. Según lo ya mencionado anteriormente.
 - Fecha y hora de entrega
 - Temperatura en el momento de descarga

3.2.6. Comercialización

Llegado a este punto el producto ya está procesado y listo para su consumo final por lo que el dato de mayor relevancia es la fecha de salida del cliente hacia el canal de distribución para poder tener una imagen completa del ciclo del producto

- Tipo de carga: integración con los sistemas de información que tenga el cliente
- Información registrada:
 - Información del producto
 - Fecha y hora de salida hacia los canales de distribución

3.3. Explotación de información

Una vez se tenga el proceso de registro de información completo se abrirán nuevas posibilidades de explotar la información e incluso de generar nuevos modelos de negocio, además de cubrir el objetivo principal que es asegurar la trazabilidad y sostenibilidad del aceite de palma en todo el proceso de producción y comercialización.

Nuevas oportunidades:

- **Palmicultores:** Gracias a tener un registro en tiempo real de todo el fruto fresco entregado, se generará un app donde ellos puedan hacer seguimiento continuo de todo

el volumen que han generado mes a mes, así como de los potenciales costos y beneficios que pueden llevar asociados, para que de esta forma aprendan a trabajar de una forma más profesional optimizando su tiempo y sus recursos. Además será un punto de valor añadido dentro del proceso de fidelización del palmicultor para que siga entregando fruto a la empresa.

- **Empresas logísticas:** Se les dará acceso a una web donde puedan ver en tiempo real el estado de los siguientes pedidos que van a recoger y poder maximizar la utilización de sus recursos. Para aquellos transportistas pequeños que no tengan sofisticados sistemas de seguimiento se les facilitará el acceso a todos los transportes realizados con ellos junto con el detalle de cada uno de ellos, destacando si hubo problemas de calidad.
- **Clientes:** Se generará una web donde podrán visualizar toda la información generada para cada uno de sus envíos recibidos. Además se generará un sistema de códigos QR que permitirán escanear la información de cada envío con toda la información asociada hasta llegar al palmicultor, dándoles la seguridad, transparencia y tranquilidad que requieren al cubrir todas las necesidades de un sistema sostenible.
- **Consumidor final:** El código QR entregado a los clientes mayoristas podrá ser impreso en los productos finales, de tal forma que el consumidor final pueda también escanearlos y saber que el producto que está consumiendo es o contiene aceite de palma sostenible, y que garantiza que no proviene de bosques deforestados, que la trazabilidad ha sido mantenida en todo momento y que además todos los trabajadores involucrados en el proceso no han sufrido explotación laboral.

Figura 10. Ejemplo de código QR escaneable



Fuente: elaboración propia

Capítulo 4. Business Case de la implementación

En función de las necesidades tenemos dos formas de implementar nuestro proyecto:

- podemos hacer uso de un servicio que ya tenga montado un Blockchain propio, al cual nosotros subiremos nuestra información y contenido configurándolo para que sea de uso exclusivo nuestro (al igual que funciona cuando utilizamos cualquier otro servicio *As a Service* donde hacemos un uso de una infraestructura ya desarrollada, como el acceso a almacenamiento en la nube o el uso de un CRM en la nube)
- o por el contrario podemos desarrollar nuestro propio Blockchain eligiendo alguno de los múltiples protocolos de Blockchain que ya hay en el mercado

El objetivo de este trabajo de investigación no es el de hacer una evaluación intensiva de los diferentes servicios y protocolos de Blockchain existentes, si no dar una idea de los beneficios de la implementación del proyecto y en qué puede ser de mayor ayuda.

Por ese motivo a continuación voy a presentar un Business Case a alto nivel y con algunas de las opciones disponibles para que ayude a ver la sencillez con la que se puede empezar a trabajar con dicha tecnología. Posteriormente si alguien está interesado en implementarlo deberá hacer un estudio con mayor profundidad, ya que puede haber costos que no tengan que ver con la propia implementación de la tecnología en sí, si no con la modificación de procesos dentro de la empresa o la digitalización de información que en la actualidad no se esté capturando.

4.1. Hacer uso de un servicio ya desarrollado

Si bien Blockchain todavía es una tecnología incipiente, ya hay varias empresas que han desarrollado servicios a los cuales uno se puede unir, contratándolo como un SaaS (Software as a Service), es decir, pagando tan sólo por los servicios que se consumen y con tarifas mensuales que se pueden dejar de pagar en el momento que se considere oportuno (al contrario que ocurría en los sistemas tradicionales de licenciamiento en los que había que hacer grandes desembolsos iniciales como compra de licencias donde posteriormente quedaba uno mucho más amarrado al producto).

Paso a citar algunos de ellos, indicando sus pros y en algunos casos su costo (como bien indicaba al ser una tecnología en pleno crecimiento es posible que esta lista crezca a gran velocidad ampliando la oferta):

- IBM Food Trust

Figura 11. IBM Food Trust



Fuente: IBM (s. f.)

IBM Food Trust fue de los primeros servicios desarrollados que permitieron a las empresas sumarse a la tecnología blockchain y utilizarla como un servicio más.

El caso de éxito más famoso que utilizó Food Trust fue el de Walmart, con el cual hicieron el seguimiento de todos los cerdos comprados en China para poder certificar en plena crisis de la fiebre porcina que sus cerdos había pasado todos los controles en cada punto en el que habían sido tratados.

Según IBM (s. f.) sus tarifas varían de \$100 a \$5,000 mensuales en función de lo grande que sea la empresa, el volumen de información que quieran cargar y los servicios extra que requieran.

Figura 12. IBM Food Trust Pricing

Small Business	Medium Business	Large Enterprise	Virtually-Guided Onboarding
Choose modules to address your business needs. Available ONLY to companies who send and receive goods in the food supply chain (< \$50M).	Choose modules to address your business needs. Available ONLY to companies who send and receive goods in the food supply chain (\$50M - \$1B).	Choose modules to address your business needs. Available ONLY to companies who send and receive goods in the food supply chain (\$1B+).	Engage with IBM Food Trust experts to receive hands-on virtual onboarding. Available as an add-on to your existing subscription.
Starting at \$100.00* per month	Starting at \$1,000.00* per month		Starting at \$5,000.00* one-time charge
Get Started	Get Started	Contact us	Get Started

Fuente: IBM (s. f.)

- **AgriDigital**

Figura 13. AgriDigital



Fuente: AgriDigital (s. f.)

AgriDigital ha sido pionero en el uso de Blockchain en cadenas de suministro agrícola. La compañía opera principalmente a lo largo de las cadenas de suministro de granos en Australia.

Aunque se está expandiendo rápidamente en la industria global de granos y en todos los productos básicos con ensayos en las industrias del arroz y el algodón.

AgriDigital tiene una solución de gestión que conecta a los granjeros, compradores, operadores de sitios y financieros a través de una sola plataforma, lo que les permite contratar, entregar y realizar pagos de forma segura y real.

- **Bext360**

Figura 14. Bext360



Fuente: Bext360 (2018)

Bext360 es otra plataforma que ofrece un servicio para todos los intervinientes de la cadena y ya tiene varios casos de éxito, sobre todo en el sector del café.

El servicio hace uso de inteligencia artificial y Blockchain para poder hacer seguimiento de del producto asegurando a los productores pagos más justos a sus estándares y calidad ofrecidos, y pagos mucho más rápidos.

Sus primeros casos de éxito se centraron en la trazabilidad del café, donde hacían evaluación del producto del grano desde el origen, dándole una valoración que le seguía hasta llegar al consumidor final. En el sistema los propios agricultores podían ver el precio para cada tipo de calidad de grano y aceptar la venta y el pago de cada lote. Además permite añadir todas las transacciones desde la planta hasta el consumidor, pasando por el transporte y los bancos.

4.2. Crear un Blockchain propio de cero

Para crear un Blockchain propio hay que seleccionar sobre qué protocolo se va a hacer. Como indicaba al principio en este documento no se va a hacer un análisis de cada protocolo, ya que depende del uso y las circunstancias de cada proyecto, pero paso a nombrar los más importantes:

- Ethereum
- Hyperledger
- Corda
- NEO
- EOS

En Rodríguez (9 de enero de 2019) hacen un análisis muy enriquecedor sobre los tres protocolos más importantes, ya que NEO y EOS todavía están en fase de crecimiento y tienen un menor uso:

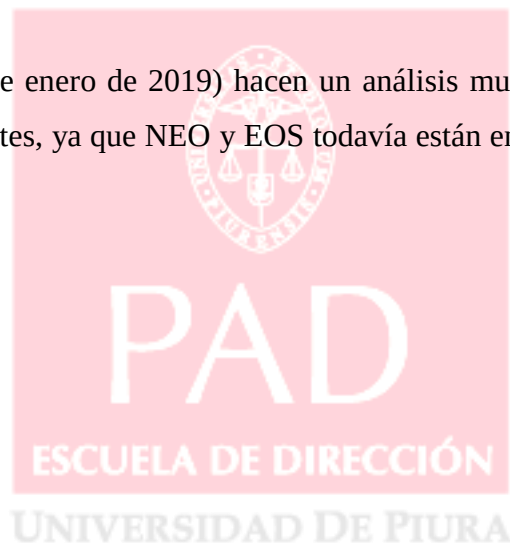


Figura 15. Comparación de protocolos Ethereum, Hyperledger y Corda R3

Ethereum vs Hyperledger vs Corda R3			
	Ethereum 	Hyperledger Fabric 	R3 Corda 
Casos de uso	Popular entre las aplicaciones generalizadas y se utiliza principalmente para operaciones P2P y B2C.	La plataforma preferida para las operaciones B2B, utilizada principalmente en empresas.	Se ejecuta en una plataforma personalizada de registros distribuidos para las necesidades de la industria financiera.
Gobernanza	Realizado por Desarrolladores (DAO)	Fundación Linux a cargo	Empresa R3 a cargo
Modo de operación	Blockchain pública: No se necesita permiso para acceder al contenido de la red.	Blockchain privado: la red está limitada a personas con permiso.	Blockchain privado: se necesita permiso para acceder al contenido de la red.
Consensos	Se basa en la Proof-of-Stake para la toma de decisiones	No todos los nodos de una red deben participar en el proceso de consenso	Solo las partes involucradas en la transacción participan en la toma de decisiones.
Contratos Inteligentes	Lenguaje de programación Solidity	Lenguaje de programación Golang	Lenguaje de programación Kotlin
Moneda	Ether como criptomoneda nativa	No tiene criptomoneda nativa	No tiene criptomoneda nativa

Fuente: Rodriguez (9 de enero de 2019)

Una vez seleccionado el protocolo sobre el que montar la cadena de bloques, hay que decidir si se hará una red pública (cualquiera podría ver el contenido de la misma) o privada (sólo podrán ver el contenido los participantes de la misma, y en función de los permisos que les hayan concedido).

De cara a los costos presento un Business Case con la solución de Azure, ya que es mucho más didáctica de cara a entender el esquema de licenciamiento y dada su facilidad de implementación, ya que trabaja con los 3 protocolos mencionados y al ser en nube puede encenderse y apagarse el servicio según se requiera para así poder abaratar costos.

Dentro de los costos hay varios factores a tener en cuenta, como es el costo del propio Blockchain en la nube, y todos los montos variarán en función de diversos factores:

- **Número de nodos:** Todos aquellos participantes de nuestro Blockchain que tendrán una copia de todas las transacciones. No es obligatorio que todos los participantes tengan su propio nodo, pero si deberán tenerlo lo más importantes, sobre todo teniendo en cuenta que queremos tener una solución descentralizada y distribuida en diferentes máquinas.
- **Volumen de transacciones:** A mayor volumen de transacciones, mayor será el costo ya que el pago por el almacenamiento es en la nube.
- **Tiempo en ejecución:** De la misma manera el sistema estará activo siempre que se realicen transacciones. En principio consideramos que el sistema estará activo 24/7, pero en el caso de ser menor se podrán generar ahorros considerables, al pagar todos los servicios en función de las horas de uso.
- **Información almacenada:** Se paga por Gb que esté almacenado en la base de datos en la nube, por lo que a mayor información, mayor costo.
- **Disponibilidad:** Cuanto mayor es la criticidad del servicio y mayor es la necesidad de que el sistema siempre esté disponible hay que invertir en sistemas de backup que permitan alternar de un sistema a otro, y por lo tanto incrementará el costo del servicio.

Para entender mejor el Business Case voy a mostrar lo que podría ser la estructura del caso de uso completo:

4.3. Ejemplo de Business Case para trazabilidad del aceite de palma

Consideramos una red de Amazon de Managed Blockchain con miembros de varias cuentas de AWS. En este ejemplo, calcularemos el costo por hora para un solo miembro de la Edición estándar en la red. Este miembro tiene dos nodos pares bc.m5.2xlarge para tener alta disponibilidad y rendimiento, y cada nodo tiene 500 Gb de almacenamiento. Con esta configuración se podrá implementar un caso de uso con alto volumen de información para que sirva de referencia. A partir de estos números siempre se puede buscar la configuración perfecta para cada situación, haciéndola más económica o más costosa en función de los requerimientos.

El costo por hora de esta red es: Costo del miembro de la red: (1 miembro de la Edición estándar) x (\$ 0.55 por hora) x (1 hora) = \$ 0.55 por hora

Costo del nodo: (1 miembro) x (2 m5.2xlargos de mayor tamaño por miembro) x (0.615 por hora) x (1 hora) = \$ 1.23 por hora

Costo de almacenamiento del nodo par: (1 miembro) x (2 nodo par por miembro) x (500 GiB de almacenamiento por nodo par) x (\$ 0.10 por GB-mes) x (1 hora) = \$ 0.139 por hora

Costo de los datos escritos: (1 miembro) x (100 MB por hora) x (0.10 por GB) = \$ 0.01 por hora

Coste total de la red de producción por hora: \$ 1.93

Teniendo en cuenta que consideramos 11 miembros, y 730 horas/mes = \$ 1,408.9 por cada miembro de la red al mes.

Dependerá de la complejidad que tenga el ecosistema de participantes de la cadena, el volumen de información enviado (para este ejemplo se ha considerado un volumen medio/alto) y la criticidad del servicio, el monto variará de forma proporcional. Para un caso ejemplo de 1 planta, 4 transportistas y 4 distribuidores el costo sería de \$ 12,680.1 al mes.

4.4. Ahorros generados

En este caso no es factible hacer un Business Case con un ROI asociado, ya que no existe en la actualidad ningún sistema que cumpla con las mismas funciones de Blockchain. Dentro de los potenciales ahorros cabría destacar:

- En primer lugar, habrá que considerar que gracias a implementar Blockchain la empresa podrá seguir vendiendo los productos en Europa y EEUU, que de otra forma no podría hacerlo si no consigue certificar la sostenibilidad de los mismos
- Podrá fidelizar a los palmicultores ofreciéndoles una información que no les dan otras plantas de procesamiento, por lo que se asegura el ingreso continuo de fruto fresco en la planta
- Generará ahorros al sincronizar toda la cadena de supply con los distribuidores logísticos
- Puede generar nuevos modelos de negocio con un costo adicional por tener más información que ofrecer o alternativas de servicios premium con un mayor nivel de control sobre los productos
- En un futuro si se desarrollan dentro de Blockchain todos los sistemas de captura de información y seguimiento podría llegar a sustituir algunos sistemas actuales

generando los ahorros consiguientes, pero no es algo que se vaya a conseguir en unas primeras fases y tampoco es el objetivo principal



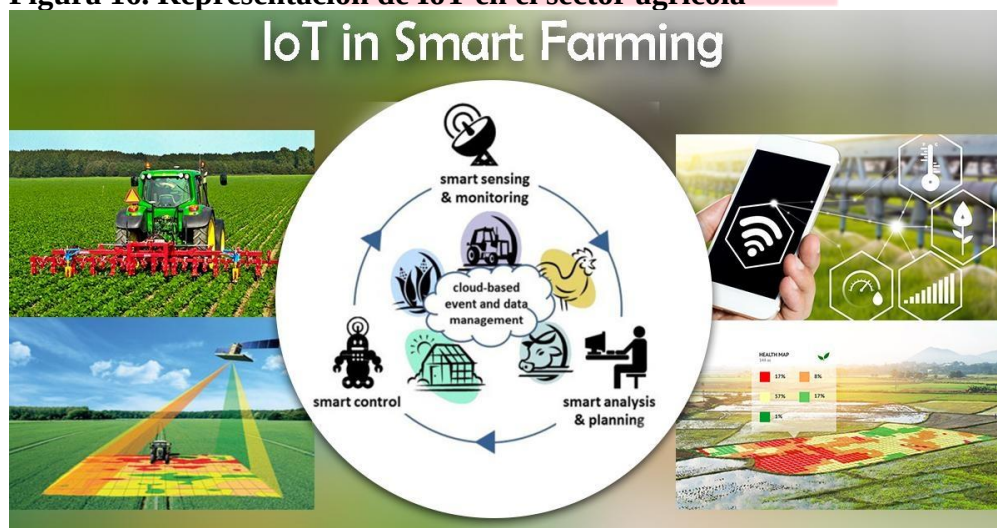
Capítulo 5. Complementación del sistema por medio de Internet de las Cosas (IoT)

El Internet de las Cosas, del inglés IoT - Internet of Things, es básicamente el habilitar a cualquier dispositivo para que transmita información a través de internet, dotándolo de conectividad para realizar el envío. Esto ya lo podemos ver en la sociedad actual en el día a día, desde una pelota de futbol que envía información de cuantos kilómetros ha rodado y una pulsera que envía la información de las constantes vitales y el número de pasos dados, hasta cosechadoras que mandan registros de todas las constantes del motor para que posteriormente se analice la información y se pueda predecir cuándo será el mejor momento de realizarle un mantenimiento según los valores obtenidos.

Si bien esta tecnología lleva ya varias décadas en el mercado, es ahora cuando tiene una aceptación masiva gracias al abaratamiento de los dispositivos necesarios para estar siempre conectado a internet y emitir información.

De hecho en el sector de la agricultura está ya implantado en muchas empresas hace varios años. Por ese motivo, una vez que ya tenemos toda la cadena de información asegurada gracias al sistema de blockchain creado, el siguiente paso es enriquecer la información obtenida en el proceso, principalmente la del origen de la cadena en las plantaciones de palma.

Figura 16. Representación de IoT en el sector agrícola



Fuente: IoT Applications in Agriculture (3 de enero de 2018)

Gracias a los sensores podremos tener una información enriquecida de cómo ha sido el proceso de crecimiento de las palmas, lo cual dará un valor agregado a todos los participantes

de la cadena, desde los palmicultores hasta los consumidores finales, pasando por la planta de procesado y los distribuidores.

Entre los muchos sensores que podremos instalar, los principales serían los siguientes:

- Sensores de humedad: nos permitirán tener el histórico de todos los registros de humedad que ha tenido la planta durante su vida antes de ser cosechado el fruto fresco. Esta información permitirá saber cuál ha sido el nivel de estrés al cual se ha visto sometida la palma, y podrá incrementar el valor del producto final
- Sensores de acidez de la tierra:

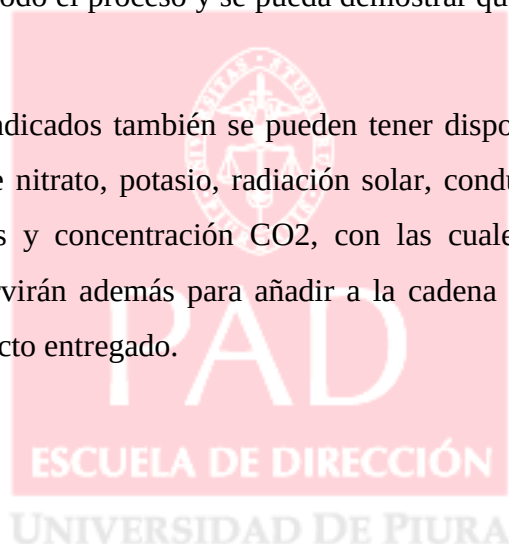
En la solución del suelo, las altas concentraciones de Aluminio (Al^{3+}) e Hidrógeno activo (H^+) dan lugar a la acidez del suelo. El pH (potencial de hidrógeno) es la medida del grado de acidez o alcalinidad de un suelo. Un pH de 7.0 indica neutralidad, pero a medida que este valor disminuye el suelo se vuelve más ácido, de manera que, un pH de 6.0 es diez veces más ácido que un pH de 7.0. El significado práctico del pH en términos de acidez del suelo, es que afecta significativamente la disponibilidad y la asimilación de nutrientes, y ejerce una fuerte influencia sobre la estructura del suelo [...].

La producción de cultivos en suelos ácidos impide conseguir altos potenciales de rendimiento y buena calidad de las cosechas (Cuadro 2), por ejemplo, en muchas regiones de México y Centroamérica la productividad del maíz ha disminuido por efecto de la acidez. En estas condiciones del suelo, la solubilidad del aluminio (Al), hierro (Fe) y manganeso (Mn) es elevada y sus concentraciones aumentan hasta llegar a niveles muy tóxicos para las plantas. Por su parte, el aluminio también impide la absorción de calcio y magnesio. Finalmente, las raíces se acortan y engrosan, impidiendo así la absorción de agua y nutrimentos, en particular, el abasto de fósforo (P) y molibdeno (Mo) se ve seriamente comprometido. Sin embargo, el efecto más grave es sobre el proceso de fijación biológica de nitrógeno en las leguminosas. (Castellanos, 2012)

Por lo tanto será de gran valor saber si los niveles de acidez han estado dentro de los estándares o si por el contrario se han salido de los límites establecidos. En este caso dicha información será de gran valor para los palmicultores, que en muchos casos no disponen de este tipo de información e incluso desconocen cómo proceder, para los responsables del

procesado, que en muchos casos ayudan y asesoran a los palmicultores para mejorar su producción, y para todos los receptores del producto final a título informativo.

- Sensores de temperatura: nos indicará tanto la temperatura ambiente como la temperatura en hoja, y permitirá hacer predicciones de la necesidad de modificar los patrones de riego, en el caso de tener sistema de riego, o de generar alertas en el caso de que se trate de riego por lluvia.
- Detectores de plagas: en función del color de las hojas de la palma y con algoritmos con Inteligencia Artificial se pueden diagnosticar plagas de insectos o enfermedades al registrar variaciones en la coloración. Esta información además de ser útil para los palmicultores es útil para añadir en la cadena de Blockchain, siempre y cuando se tenga control de todo el proceso y se pueda demostrar que las palmas estaban libres de toda enfermedad.
- Además de los indicados también se pueden tener dispositivos que nos den registros de mediciones de nitrato, potasio, radiación solar, conductividad eléctrica, eficiencia de riego, nitratos y concentración CO₂, con las cuales se podrán tomar medidas correctivas, y servirán además para añadir a la cadena de Blockchain y certificar la calidad del producto entregado.



Conclusiones

Como se ha podido ver durante todo el documento, el incorporar un sistema de Blockchain al proceso de recolección, procesado y distribución del aceite de palma puede dar una transparencia, seguridad y confianza a los diferentes involucrados en toda la cadena de distribución que con otros sistemas sería difícil de conseguir.

Gracias a la inmutabilidad de la información vamos a ser capaces de poner en valor todos los atributos positivos del producto, además de poder garantizar la sostenibilidad del producto gracias a que podemos certificar el origen del producto con posicionamiento GPS del terreno donde ha sido plantado, se proporciona trazabilidad completa de punto a punto del producto desde la plantación a las manos del consumidor final, y se garantiza que para la obtención del producto no se ha deforestado selva amazónica, ni ningún trabajador ha sido explotado en el proceso.

Como se ha podido observar, es una tecnología que no es compleja ni costosa de implementar. Lo que sí es importante es el poder tener muy bien definidos los procesos de entrada de información para poder asegurar que la información grabada en Blockchain es información verídica.

Lo importante de implementar un sistema Blockchain en un proceso de trazabilidad alimenticia es el poder transmitir confianza en la calidad y el origen del producto, y al mismo tiempo poder generar nuevas oportunidades de negocio al tener una mayor visibilidad de todo el proceso y tener acceso a un mayor nivel de información.

De todas es importante volver a reseñar la vital necesidad de convencer e incorporar a todos los intervinientes dentro de todo el proceso de punto a punto, ya que todos ellos no comparten la información generada por su parte, la trazabilidad completa no será posible y la información perderá valor e impacto.

Una vez visto el proceso para el aceite de palma, será muy fácil el poder hacer un símil con cualquier otro producto alimenticio, salvando las diferencias que pueda tener en el detalle del proceso. De hecho en el mercado ya se está implementando para hacer tracking de cacao, café e incluso de producto vivo como el pescado, ya es otro producto que también tiene gran interés el conocer el lugar en el cual ha sido pescado y la trazabilidad y tiempos de permanencia en cada uno de los puntos de la cadena de distribución.

Bibliografía

- Agridigital. (s. f.). *Solutions*. Recuperado de <https://www.agridigital.io/>
- Alex Stewart (International) del Perú [ASI]. (2019). *Informe de ensayo* (Nº 550/LOM-19)
- Banco Central de Reserva del Perú [BCRP]. (2017). *Memoria 2017*. Recuperado de <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Memoria/2017/memoria-bcrp-2017.pdf>
- Banco Central de Reserva del Perú [BCRP]. (2019). *Balanza Comercial – Febrero 2019* (Notas de estudios del BCRP Nº 26 – 4 de abril de 2019). Recuperado de <http://www.bcrp.gob.pe/docs/Publicaciones/Notas-Estudios/2019/nota-de-estudios-26-2019.pdf>
- Bext360. (2018). *Home*. Recuperado de <https://www.bext360.com/>
- Castellanos, J. (2014). Manejo y Corrección de la Acidez de los Suelos. *Intagri*. Recuperado de <https://www.intagri.com/articulos/suelos/manejo-y-correccion-de-acidez-de-suelo>
- El 74% del aceite de palma utilizado por la industria alimentaria en Europa está certificado como sostenible por RSPO. (6 de marzo de 2019). Fundación española de aceite de palma sostenible. Recuperado de <https://aceitedepalmasostenible.es/el-74-del-aceite-de-palma-utilizado-por-la-industria-alimentaria-en-europa-esta-certificado-como-sostenible-por-rspo/>
- IBM. (s. f.). IBM. *Food Trust*. Recuperado de <https://www.ibm.com/pe-es/marketplace/food-trust>
- Industrias del Espino S.A. (2019). *Certificado de calidad*
- Intertek testing services Peru S.A. (2019). *Fit for human consumption certificate*
- IoT Applications in Agriculture. (3 de enero de 2018). *Iot for all*. Recuperado de <https://www.iotforall.com/iot-applications-in-agriculture/>
- Junta Ejecutiva de la RSPO. (2013). *Principios y Criterios para la producción de aceite de palma sostenible*. Recuperado de https://www.rspo.org/file/PC2013_SPANISH.pdf
- Ministerio de Agricultura [Minagri]. (2012). *Palma aceitera. Principales aspectos de la cadena agroproductiva*. Recuperado de <http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/agroeconomia/corregidopalma.pdf>
- Lam Soon. (s. f.). *We are RSPO Certified*. Recuperado de <http://lamsoonplantations.com.my/rspo-certification.html>
- Rodríguez, N. (9 de enero de 2019). AWS vs Azure vs Oracle Oferta de solución Blockchain: Comparación BaaS. *101 Blockchains*. Recuperado de <https://101blockchains.com/es/aws-vs-azure-vs-oracle-blockchain-baas/>

Roundtable on Sustainable Palm Oil [RSPO]. *Principios y Criterios de la RSPO para la Producción de Aceite de Palma Sostenible*. Recuperado de https://www.rspo.org/file/PC2013_SPANISH.pdf

Toledo, G. (4 de diciembre de 2018). Estructura de datos en la blockchain. *Social Blockchain*. Recuperado de <https://social-blockchain.org/2018/12/04/estructura-de-datos-en-la-blockchain/>

Transtotal Agencia Marítima S.A. (2019). *Tanker bill of lading B/L No. 1A*



Anexos

Para tener un nivel mayor de detalle a nivel técnico, incluyo un extracto de Toledo, G. (4 de diciembre de 2018), que permite entender de una forma más completa el funcionamiento de la tecnología Blockchain:

Anexo 1. Estructura de datos de Blockchain

La estructura de datos en la Blockchain es una lista de bloques de transacciones con vínculo de retroceso, que está ordenada. Se puede almacenar como un archivo plano o en una base de datos simple. Cada bloque es identificable por un *hash*, generado usando el algoritmo de hash criptográfico SHA256 en el encabezado del bloque. Cada bloque hace referencia a un bloque anterior, también conocido como el bloque padre; éste dato del padre se resguarda en el campo denominado “hash del bloque anterior”, en el encabezado del bloque.

Un hash, o también denominado de forma “larga” como función hash criptográfica, es un algoritmo matemático que mapea datos de tamaño arbitrario a una cadena de bits de un tamaño fijo. En el caso de SHA 256, el resultado es una cadena de 32 bytes. Los 32 bytes resultantes hacen que sea efectivamente imposible revertir la salida, ya que la función fue diseñada para ser una función unidireccional.

La idea detrás del uso de las funciones hash es facilitar un medio completo para buscar datos en un *dataset* (*dataset* hace referencia a un conjunto o set de datos). La forma más básica de la función hash es cualquier función que se pueda usar para transformar o mapear datos de tamaño arbitrario a datos de tamaño fijo. Esta salida es una cadena de caracteres conocida como el valor hash, la suma hash o el código hash. Los valores de hash se pueden almacenar en una forma tabular conocida como tabla hash y es un mecanismo de indexación eficiente; especialmente útil en lo que hace al rendimiento durante las búsquedas.

Las funciones hash también son libres de colisiones. Esto significa que es imposible encontrar dos mensajes que tengan el mismo valor de hash. Por lo tanto, cuando se le asigna un hash, se puede confirmar que coincide con un dato de entrada particular. Los bloques se pueden identificar a partir de su hash, con dos propósitos; identificación y verificación de integridad.

La función de hash de Bitcoin hace uso del SHA256, aplicado dos veces. Esto genera un hash de seguridad tamaño único, de tamaño fijo de 256 bits (32 bytes). Las clases grandes de funciones hash se basan en un componente básico de una función de compresión.

Cada bloque contiene el hash de su padre dentro de su propio encabezado. Así se arma una cadena que se remonta hasta el primer bloque creado, también conocido como el bloque de génesis; todos unidos entre sí por una secuencia de hashes. El campo “hash del bloque anterior” está dentro del encabezado del bloque y, por lo tanto, el hash del bloque actual depende del hash del bloque padre. La propia identidad del hijo cambia si la identidad del padre cambia. Cuando el padre se modifica de alguna manera, el hash del padre cambia. Entonces para mantener la integridad de la cadena, el hash modificado del padre necesitará una alteración en el campo del “hash de bloque anterior” del hijo. Esto a su vez hace que el hash del niño mute, lo que requiere un cambio en el campo del nieto, que a su vez altera al nieto y así sucesivamente.

Este efecto en cascada asegura que, una vez que un bloque tiene muchas generaciones que lo siguen, no se puede cambiar sin, por lo tanto, forzar un nuevo cálculo de todos los bloques subsiguientes. Debido a que tal recálculo requeriría una enorme cantidad de cómputo, la existencia de una larga cadena de bloques fortalece la historia profunda de la blockchain para que sea inmutable; una característica clave de la seguridad de la tecnología blockchain.

Estructura de un bloque

Un bloque es un contenedor para una estructura de datos, que reúne transacciones para su inclusión en el libro público, conocido como blockchain. El bloque se compone de un encabezado; que contiene metadatos, seguido de una larga lista de transacciones. Un bloque se puede identificar de dos maneras, ya sea haciendo referencia al hash del bloque o haciendo referencia a la altura del bloque.

Size	Field	Description
4 bytes	Block Size	The size of the block, in bytes, following this field
80 bytes	Block Header	Several fields form the block header
1-9 bytes (VarInt)	Transaction Counter	How many transactions follow
Variable	Transactions	The transactions recorded in this block

Encabezado de bloque

El encabezado de bloque consta de tres conjuntos de metadatos de bloque. Los metadatos son datos que proporcionan información sobre otros datos.

En primer lugar, hay una referencia a un hash de bloque anterior, que conecta este bloque al bloque anterior, que se encuentra en la blockchain. El segundo conjunto de metadatos se relaciona con la competencia minera; es decir, la dificultad, la marca de tiempo y el “*nonce*”. Por último, la tercera parte de los metadatos es la raíz del árbol *Merkle*; una estructura de datos utilizada para resumir todas las transacciones en el bloque de una manera eficiente.

Size	Field	Description
4 bytes	Version	A version number to track software/protocol upgrades
32 bytes	Previous Block Hash	A reference to the hash of the previous (parent) block in the chain
32 bytes	Merkle Root	A hash of the root of the merkle tree of this block's transactions
4 bytes	Timestamp	The approximate creation time of this block (seconds from Unix Epoch)
4 bytes	Difficulty Target	The proof-of-work algorithm difficulty target for this block
4 bytes	Nonce	A counter used for the proof-of-work algorithm

Los encabezados de bloque se pueden considerar como un ejemplo de una firma multiparte de membresía dinámica (DMMS por sus siglas en inglés, que vienen de *Dynamic Membership Multi-party Signature*). Un DMMS es una firma digital formada por un conjunto de firmantes, que no tiene un tamaño fijo. Los encabezados de bloque de Bitcoin son DMMS porque su prueba de trabajo tiene la propiedad de que cualquiera puede contribuir a la misma, sin someterse a un proceso de inscripción.

Además, la contribución es ponderada por el poder computacional proporcional en lugar de una simple contribución de firma por parte. Esto permite la membresía anónima sin riesgo de un ataque de Sybil. Un ataque de Sybil es cuando una parte se une (integra o participa) muchas veces y tiene una entrada desigual y desproporcionada en la firma, en comparación a otros firmantes participantes normales.

Dado que los bloques están encadenados, el DMMS de Bitcoin es acumulativo. Una cadena de encabezados de bloque es también un DMMS en su primer bloque, con una resistencia computacional equivalente a la suma de las fortalezas computacionales del DMMS de composición. Por lo tanto, la innovación clave en blockchain es una firma de poder computacional, en lugar de la firma típica de conocimiento.

Bloque de encabezado hash y nodos

Por ejemplo, el hash del primer bloque de Bitcoin creado es 000000000019d7789c085ae165831e934gf763ae46a4a6c172b3f1b60a8ce26f. El hash del bloque identifica un bloque de forma única, y puede ser derivado independientemente por cualquier nodo simplemente mediante la codificación del encabezado del bloque.

Un nodo es un cliente completo. Un cliente completo es un cliente que posee las cadenas de bloques y comparte bloques y transacciones a través de la red de blockchain. Un nodo se considera parte de la infraestructura de la cadena de bloques, y no necesariamente tiene que ser un minero. Cada nodo mantiene una copia completa de una secuencia de eventos totalmente ordenada en forma de una cadena de bloques

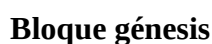
El hash del bloque es calculado por cada nodo, ya que el bloque se recibe de la red. El hash del bloque se puede almacenar en una tabla de base de datos separada como parte de los metadatos del bloque, para facilitar la indexación y una recuperación más rápida de los bloques desde el lugar en donde se almacene la blockchain (normalmente es el disco duro de una computadora).

Altura del bloque

La altura del bloque es otro método para identificar un bloque, esta vez a través de su posición en la cadena de bloques. El primer bloque creado está a la altura 0 (cero); también puede expresarse como posición 0 (cero). En el caso de Bitcoin, es el mismo bloque que mencionamos antes cuyo hash de bloque es 000000000019d7789c085ae165831e934gf763ae46a4a6c172b3f1b60a8ce26f.

Cada bloque posterior agregado “en la parte superior” de ese primer bloque tendrá una posición “más alta” en la cadena de bloques, como las cajas apiladas una encima de la otra.

Esquemáticamente, la estructura de un bloque se puede representar mediante la figura que sigue.



Enlazando bloques en el blockchain

Los nodos mantienen una copia de la cadena de bloques localmente, a partir del bloque génesis. La copia local de la cadena de bloques se actualiza constantemente a medida que se

descubren nuevos bloques y posteriormente se agregan a la cadena. Cuando un nodo recibe información de bloques entrantes de la red, primero validará estos bloques y luego los vinculará a la cadena de bloques existente.

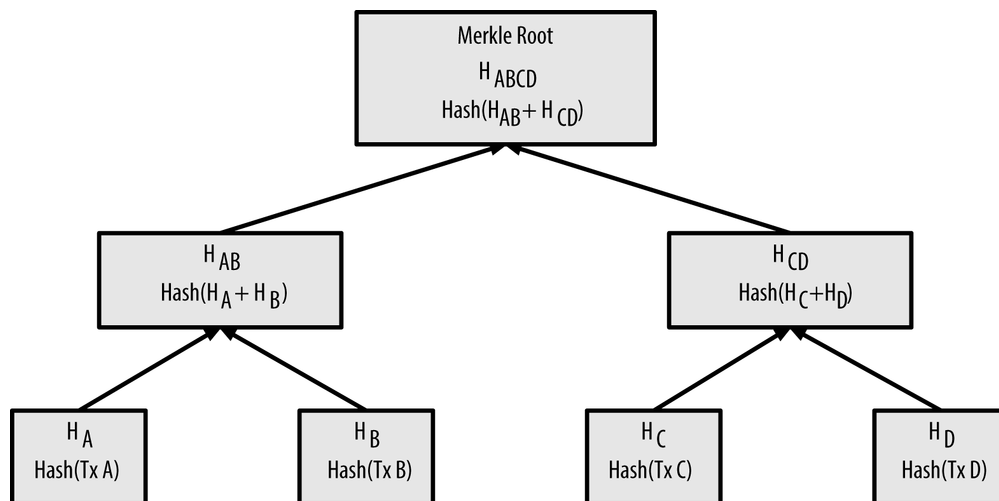
El proceso para establecer un enlace es el siguiente; un nodo examina el encabezado del bloque entrante y busca el hash del bloque anterior. Al observar este bloque entrante, el nodo encuentra el campo hash del bloque anterior, que contiene el hash de su bloque padre. Este hash es conocido por el nodo anteriormente. Por lo tanto, el nodo hace que este nuevo bloque entrante sea hijo del último bloque de la cadena y sea la extensión legítima de la cadena. El nodo agrega este nuevo bloque al final de la cadena, haciendo que la blockchain sea más larga con una nueva altura de bloques gracias al nuevo bloque entrante, ahora validado y certificado por medio de los hashes.

Árboles Merkle

Cada bloque en la blockchain contiene un resumen de todas las transacciones contenidas en el mismo, utilizando un árbol Merkle. Un árbol Merkle es una estructura de datos que se utiliza para resumir y verificar de manera eficiente la integridad de grandes conjuntos de datos. Los árboles Merkle también se conocen como árbol hash binario. Los árboles Merkle son árboles binarios que contienen hashes criptográficos. El término árbol se deriva de las ciencias informáticas que describe una estructura de datos en ramas o ramificada.

Los árboles Merkle producen una huella digital global de todo el conjunto de transacciones. Un árbol Merkle se crea mediante hash recursivo de pares de elementos o transacciones hasta que solo queda un hash, llamado raíz o raíz de Merkle. El algoritmo hash criptográfico utilizado en los árboles simbólicos de Bitcoin Merkle es SHA256 aplicado dos veces, también conocido como doble SHA256. SHA es un algoritmo de hash seguro, el cual es un conjunto seguro de funciones criptográficas, de la familia SHA-2.

Cuando los elementos de datos N se incluyen y se resumen en un árbol Merkle, se puede verificar si un elemento en particular está incluido en el árbol mediante un número máximo de cálculos de $2 * \log_2(N)$, que proporciona una manera muy eficiente de verificar si una transacción está incluida en un bloque o no.



El árbol Merkle está construido de abajo hacia arriba. En la Figura 4, comenzamos con cuatro transacciones; denotados como Tx A, Tx B, Tx C, Tx D. Estas transacciones no se almacenan en el árbol Merkle, sino que se copian sus datos y el hash resultante se almacena en cada nodo de hoja como HA, HB, HC y HD.

La función matemática para la derivación de HA (u “Hoja A”) puede verse como:

$$H_A = \text{SHA256}(\text{SHA256}(\text{Transacción A}))$$

donde la transacción A se ha procesado criptográficamente dos veces con SHA256. Los pares consecutivos de nodos se fusionan en un nodo principal, al concatenar los dos hashes (unir ambos uno a continuación del otro) y al hashearlos juntos. Siguiendo el ejemplo, para construir el nodo padre HAB, los dos hashes de 32 bytes de los hijos (nodo HA y nodo HB) se concatenan para crear una cadena de 64 bytes. Luego, esa cadena tiene doble hash para producir el hash del nodo principal:

$$H_{AB} = \text{SHA 256}(\text{SHA 256}(H_A + H_B))$$

El árbol Merkle es un árbol binario. En el caso de que haya un número impar de transacciones para resumir, el último hash de la transacción se duplicará.

El proceso continúa hacia arriba hasta que solo hay un nodo en la parte superior. Este nodo es conocido como la raíz de Merkle. El hash de 32 bytes se almacena en el encabezado del bloque y resume todos los datos de las cuatro transacciones. Usando este método, el árbol Merkle puede resumir o reducir cualquier número de transacciones en el bloque a tan solo un número de 32 bytes. (p. 2).