

# Maestría en Ingeniería de Información

Universidad de Los Andes

Proyecto de grado de Maestría

## **Estimación de necesidades de remesa de moneda y su distribución asociada**

Carlos Andrés Díaz C

Diva M. Martínez L.  
Alejandro Lesmes D.



## Maestría en Ingeniería de Información

Universidad de Los Andes

Proyecto de grado de Maestría

# Estimación de necesidades de remesa de moneda y su distribución asociada

Autores: Carlos Andrés Díaz C  
Diva M. Martínez L.  
Alejandro Lesmes D.

Evaluable: FIXME

Asesores: María del Pilar Villamil G. PhD  
Germán Bravo PhD

Presentado: June 2019

I hereby declare that this thesis is entirely the result of my own work except where otherwise indicated. I have only used the resources given in the list of references.

June 2019  
Diva M. Martínez L.  
Alejandro Lesmes D.

Carlos Andrés Díaz C

---

## **Acknowledgments**

If someone helped you or supported you through your studies, this page is a good place to tell them how thankful you are.

# Índice general

<b>Acknowledgements</b>	<b>IV</b>
<b>Introducción</b>	<b>1</b>
<b>1 Contexto</b>	<b>3</b>
1.1 Ficha técnica de la organización . . . . .	3
1.2 Acta de constitución del proyecto . . . . .	4
1.2.1 Definición del problema . . . . .	4
1.2.2 Definición de objetivos . . . . .	4
1.3 Alcance . . . . .	4
1.4 Situación actual . . . . .	4
1.4.1 Análisis de la situación actual . . . . .	4
1.4.2 Problema que se quiere abordar . . . . .	4
1.4.3 Por qué se presenta el problema en la organización . . . . .	4
1.4.4 Por qué el problema no se ha resuelto . . . . .	4
<b>2 Marco teórico y estado del arte</b>	<b>5</b>
2.1 Trabajos relacionados en la industria . . . . .	5
2.2 Trabajos relacionados en la academia . . . . .	5
<b>3 Propuesta de la solución</b>	<b>6</b>
3.1 Detalle de la propuesta . . . . .	6
3.1.1 Descripción de la situación objetivo . . . . .	6
3.1.2 Recursos para el desarrollo del proyecto . . . . .	7
3.1.3 Requerimientos de información . . . . .	7
3.1.4 Resultados esperados . . . . .	7
3.1.5 Impacto y beneficios . . . . .	7
3.2 Retos de análisis . . . . .	8
3.2.1 Datos fuente . . . . .	8
3.2.2 Visualización . . . . .	8
3.2.3 Modelos . . . . .	8

3.3	Suposiciones . . . . .	8
3.4	Restricciones . . . . .	9
3.5	Factores de Riesgo . . . . .	9
3.5.1	Detalle en los riesgos identificados . . . . .	9
3.6	Gestión de requerimientos . . . . .	9
3.7	Plan de pruebas . . . . .	9
3.7.1	Alcance . . . . .	9
3.7.2	Actividades y responsabilidades . . . . .	9
3.7.3	Componentes por probar . . . . .	9
3.7.4	Supuestos . . . . .	9
3.7.5	Estrategía . . . . .	9
3.7.6	Criterios de entrada . . . . .	9
3.7.7	Criterios de salida . . . . .	9
3.7.8	Recursos requeridos . . . . .	9
3.7.9	Cronograma de pruebas . . . . .	9
<b>4</b>	<b>Diseño de la solución</b>	<b>10</b>
4.1	Proceso de diseño . . . . .	10
4.1.1	Escenarios analíticos . . . . .	10
4.2	Arquitectura de la herramienta . . . . .	10
4.3	Arquitectura de datos . . . . .	10
4.4	Selección de modelos . . . . .	10
4.5	Diseño de visualizaciones . . . . .	10
4.6	Justificación tecnológica . . . . .	10
<b>5</b>	<b>Implementación de la solución</b>	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>Análisis de Resultados</b>	<b>12</b>
6.1	Análisis desde el punto de vista técnico . . . . .	12
6.2	Análisis desde el punto de vista de negocio . . . . .	12
<b>7</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>13</b>
7.1	Lecciones aprendidas . . . . .	13
7.2	Mejores prácticas . . . . .	13
<b>8</b>	<b>Siguientes Pasos</b>	<b>14</b>
	<b>Índice de figuras</b>	<b>15</b>
	<b>Índice de tablas</b>	<b>16</b>
	<b>Bibliografía</b>	<b>17</b>

<b>Apéndice A</b>	<b>Plan de desarrollo del proyecto</b>	<b>18</b>
<b>Apéndice B</b>	<b>Hitos del proyecto</b>	<b>19</b>
<b>Apéndice C</b>	<b>Plan de desarrollo del proyecto</b>	<b>20</b>

# Introducción

La ingeniería de la información ha evolucionado hasta generar técnicas y tecnologías modernas que generan bondades innegables en las áreas en las que se implementan. El área de Inteligencia Artificial (AI) está siendo aplicada cada vez más y con un rango de acción cada vez mayor. Una de las aplicaciones de AI es el Aprendizaje Automático (Machine Learning o ML), técnica basada en el aprendizaje computacional automático (supervisado o no supervisado) a partir de datos de entrada. Algunos de los algoritmos más comunes del Aprendizaje Automático son: las regresiones lineales, regresiones polinómicas y las redes neuronales, entre otros.

OVS Group, LLC es una compañía que ofrece una plataforma de automatización de procesos en la industria petrolera, los servicios son enfocados principalmente en optimizar la producción de pozos petroleros, hacer más eficiente el uso de los recursos y en general ayudar a las empresas operadoras a tener un mejor gerenciamiento de sus campos. Los flujos de trabajo de ingeniería automatizados en la plataforma OVS se basan en modelos en el “espacio físico” apoyados por teorías de ingeniería de producción, yacimientos y facilidades. Hasta la fecha OVS solo ha realizado acercamientos someros a la inclusión de técnicas de AI en su portafolio comercial.

La posibilidad de añadir las técnicas de Machine Learning, aprovechando la experiencia técnica y la información a la que tiene acceso OVS, y con el potencial impacto que puede tener en el ofrecimiento a sus clientes, genera una clara justificación práctica para realizar un proyecto de viabilidad de la aplicación de esta tecnología.

Con base en la justificación anterior, el presente trabajo de grado tiene por objetivo desarrollar una prueba de concepto de la viabilidad de crear un modelo que use técnicas de Machine Learning para la predicción de tasas petróleo a partir de parámetros operacionales, con la idea de fortalecer el módulo actual “Virtual Metering” ofrecido por OVS Group, en específico se crean diferentes escenarios de pruebas en donde se aplican una variedad de modelos de aprendizaje supervisado con el fin de validar la factibilidad de éstos en comparación con las soluciones actuales que se tienen implementadas en la industria.

Para tener un contexto de los conceptos a los cuales se hace referencia en este documento, se desarrolla en el segundo capítulo un marco teórico enfocado al proceso de producción del petróleo. Teniendo en cuenta la complejidad y la vasta teoría que se ha desarrollado desde hace décadas en esta área, tanto a nivel de estudios científicos, técnicos como de campo, y dado el enfoque para el cual se desarrolla este proyecto de grado de maestría, solo se muestra de forma general y sin profundizar en detalles los fundamentos del sistema upstream de petróleo, incluyendo la descripción de los sistemas de levantamiento artificial y las técnicas usadas en las instalaciones de producción y pruebas. De igual forma, se presentan diferentes referencias del estado del arte tanto a nivel



empresarial con el trabajo que se ha realizado en diferentes compañías, como a nivel académico y el estudio que se ha realizado en diferentes papers que han trabajado en temas similares.

El desarrollo del proyecto parte de los datos disponibles y apalancados en las reglas de negocio de la industria de Oil & Gas, de las técnicas modernas de ingeniería de la información y de los puntos críticos identificados y resueltos, con el objetivo de crear un proceso repetible y semiautomático que derive datos (predicción/estimación de producción de petrolero), y ofrezca un reporte o dashboard de control y visualización dentro del framework OVS. Además, todo el proceso es documentado y abstraído, de manera que se generen reglas que sean adaptables y replicables con otros datos y otros proyectos de OVS Group.

Para la implementación de los algoritmos, se usa Keras, que es una API de redes neuronales de alto nivel, escrita en Python y capaz de ejecutarse sobre TensorFlow, CNTK o Theano. La ventaja de Keras es que fue desarrollada con un enfoque que permite la experimentación rápida, ya que, pasar de la idea al resultado en el menor tiempo posible es clave para realizar una buena investigación.

Por último, para la gestión del proyecto se usa una metodología ágil de desarrollo de software como lo es Scrum, enfocando la gestión en las 4 aristas principales de la solución, que son: la capa de datos, la visualización (dashboard en OVS) y el entrenamiento y selección del modelo predictivo, y en la respectiva interconexión entre dichas aristas.

# 1. Contexto

## 1.1. Ficha técnica de la organización

El proyecto se realiza para la empresa OVS Group LLC (<http://ovsgroup.com>), compañía de software y servicios dedicada a optimizar los activos petroleros a través de su framework de software configurable, llamado OVS.

Fundada en 2009, OVS Group proporciona integración, soluciones automáticas de flujo de trabajo para clientes de Oil & Gas (petróleo y gas) que operan en activos petroleros convencionales y no convencionales en todo el mundo. Como empresa de software y servicios, se dedican a ofrecer tecnología e innovación de procesos. Con sede en Houston, Texas, tiene operaciones en Norte América, Sudamérica, Europa, Medio Oriente y Asia Pacífico. Brinda servicios a clientes de la industria energética que van desde empresas multinacionales a pequeñas empresas independientes, que se dedican a la explotación y administración de activos petroleros, actividad que genera por necesidad natural la integración y análisis de datos.

El principal producto de la empresa, son los módulos estándares (conocidos en inglés y dentro de OVS Group como workflows) desarrollados sobre el framework OVS, los cuales venden y configuran a sus distintos clientes. A continuación, se describen algunos de ellos como referencia.

Virtual Metering: medir la producción de un solo pozo es un desafío. Los altos costos y en algunas ocasiones, limitaciones operativas, hacen que la instalación de medidores de flujo multifásicos en pozos individuales sea poco práctica. El workflow Virtual Metering llena el vacío en la información, aprovechando las capacidades de procesamiento e integración de datos de OVS para conectar automáticamente datos operacionales multifrecuencia con diferentes modeladores de pozos comerciales. Una fuente virtual ejecuta estos modelos y devuelve una estimación de producción multifase, que se puede comparar con producciones prorrateadas y pruebas de pozos esporádicas o utilizar como entrada para otros procesos de seguimiento de los activos petroleros.

Well Review Tool: este módulo estándar de OVS Group, permite consolidar e integrar la información principal de los pozos de una empresa de O&G, desplegando toda la información de éstos a través de un dashboard de ingeniería, con capacidad de profundización (drill-down) para ver detalles en cada caso.

Production Data Analysis (PDA): es un módulo que proporciona múltiples diagramas de diagnóstico, gráficos cruzados e histogramas para analizar datos, para un pozo o grupo de pozos. Este módulo está diseñado para identificar valores atípicos en los reservorios que se traducirán en

oportunidades para la optimización de la producción o la identificación de una intervención en el pozo.

## **1.2. Acta de constitución del proyecto**

### **1.2.1. Definición del problema**

### **1.2.2. Definición de objetivos**

## **1.3. Alcance**

## **1.4. Situación actual**

### **1.4.1. Análisis de la situación actual**

### **1.4.2. Problema que se quiere abordar**

### **1.4.3. Por qué se presenta el problema en la organización**

### **1.4.4. Por qué el problema no se ha resuelto**

## **2. Marco teórico y estado del arte**

**2.1. Trabajos relacionados en la industria**

**2.2. Trabajos relacionados en la academia**

## 3. Propuesta de la solución

Including a citation to [2] and [1]

Cupcake ipsum dolor sit amet. Ice cream cotton candy I love soufflé dragée biscuit. Candy canes caramels I love chocolate powder. Fruitcake pastry sweet bonbon muffin. I love jelly I love powder pie I love lemon drops muffin danish. I love gummies tiramisu marshmallow croissant jujubes danish. Liquorice chupa chups carrot cake caramels. Pastry I love liquorice donut candy I love biscuit. Marshmallow marshmallow sweet roll I love biscuit I love bear claw. Fruitcake halvah tart pudding I love. Pastry bear claw powder powder powder. Oat cake I love cookie ice cream.

### 3.1. Detalle de la propuesta

Ice cream pudding cupcake. Cheesecake marzipan cake gummi bears. Gummies cake wafer powder. Caramels I love dragée caramels sesame snaps. Sweet pastry candy canes cake jelly beans I love gummi bears dessert candy canes. Chocolate cake soufflé cake. Pie ice cream donut tart I love chupa chups I love candy canes marshmallow. I love powder cotton candy chocolate cake chupa chups macaroon. Macaroon I love wafer toffee jelly-o powder. Chocolate I love chupa chups cake I love. Jelly beans cheesecake jelly beans. Gummi bears I love liquorice toffee dessert tart. Cotton candy sugar plum icing liquorice bonbon.

#### 3.1.1. Descripción de la situación objetivo

Powder halvah jelly beans cotton candy topping pastry. Chocolate bar biscuit gummies marzipan. Oat cake dragée donut. Tiramisu gummies cupcake donut cupcake croissant. Ice cream I love chocolate cake pudding jelly beans powder marzipan tart I love. Gummi bears donut icing. Pie cake cookie topping chupa chups danish apple pie biscuit. I love jelly-o macaroon biscuit sugar plum chocolate cake. Tiramisu sweet gummi bears toffee. Fruitcake cake jujubes tiramisu chupa chups chocolate bar jelly-o. Gummies donut powder I love fruitcake lollipop dragée I love. Tart topping sweet tootsie roll. I love dragée liquorice.

### 3.1.2. Recursos para el desarrollo del proyecto

Wafer tootsie roll marshmallow biscuit marshmallow wafer gummi bears. Marshmallow jujubes fruitcake cheesecake gummies ice cream. Bonbon tootsie roll danish fruitcake tart. Marshmallow dessert pastry muffin. Jelly beans marzipan I love biscuit cake I love oat cake oat cake powder. Liquorice sweet roll caramels. Chocolate bar apple pie topping chupa chups. Cupcake sugar plum I love jelly croissant. Caramels carrot cake gingerbread bear claw jelly-o I love chocolate cake chocolate cake. Marzipan sugar plum marshmallow toffee pastry icing caramels I love. Chocolate wafer macaroon sesame snaps. Gummies I love bonbon pastry soufflé powder. Dessert I love cake macaroon dragée croissant sweet roll oat cake.

### 3.1.3. Requerimientos de información

Sugar plum I love gingerbread I love gummies pie. Brownie I love I love jelly-o pie jelly pastry. Jelly pudding lemon drops dragée pudding. Sesame snaps sugar plum cookie croissant cupcake I love bonbon jelly bear claw. I love lemon drops apple pie. Croissant tiramisu powder. Powder tart I love sugar plum oat cake pudding. Macaroon tootsie roll tiramisu jujubes danish croissant chocolate chocolate I love. Toffee marshmallow tart cake macaroon. Pie gummi bears cupcake muffin chocolate cake sugar plum tiramisu liquorice. Icing brownie gingerbread jelly beans toffee brownie. Sweet roll I love candy sweet roll candy canes tootsie roll dessert chupa chups. Cake toffee chocolate chocolate bar cookie icing.

### 3.1.4. Resultados esperados

Cupcake ipsum dolor sit amet lemon drops croissant tootsie roll. Jelly I love marzipan I love sesame snaps jelly gingerbread chocolate cake. Lemon drops cheesecake tootsie roll lollipop powder jelly-o sweet. Sweet roll macaroon gingerbread marzipan.

### 3.1.5. Impacto y beneficios

Candy canes cotton candy gingerbread lemon drops cake ice cream tart dragée. Lollipop oat cake pudding brownie I love croissant toffee. Cake tart brownie bear claw cotton candy topping dragée toffee.

Pudding powder cake sesame snaps gummies sweet roll oat cake lollipop. Powder chocolate bar sesame snaps. Carrot cake candy canes bonbon carrot cake muffin candy canes cake sweet I love. Croissant powder candy.

Candy canes I love gummi bears danish lemon drops carrot cake wafer chupa chups. Chocolate cake carrot cake lollipop cookie dragée carrot cake pie. Halvah donut I love.

Fruitcake bonbon I love croissant gummies biscuit dragée. I love I love lollipop jelly beans. Marshmallow gingerbread bonbon. Croissant macaroon sesame snaps wafer dessert.

Cotton candy jelly-o sweet ice cream dessert caramels liquorice I love. Macaroon gingerbread dragée wafer jelly beans cupcake gingerbread candy cupcake. Sugar plum muffin I love candy I love tiramisu tootsie roll apple pie dragée. Tart lemon drops cupcake powder.

Powder liquorice jelly icing lemon drops I love marshmallow I love. Jelly beans I love fruitcake chocolate soufflé gingerbread carrot cake. Cheesecake cupcake jujubes bear claw fruitcake toffee croissant.

I love chocolate bar I love cake sesame snaps halvah cupcake chocolate I love. I love tart biscuit. Cake pastry I love muffin ice cream jujubes marzipan.

### 3.2. Retos de análisis

Chocolate cake oat cake sweet jelly-o bonbon. Icing croissant chocolate bar I love pudding pastry cheesecake. Jelly-o jelly beans gummi bears. Jelly-o jelly brownie caramels tart sesame snaps.

#### 3.2.1. Datos fuente

I love cupcake chocolate cake halvah. Chupa chups I love wafer halvah. Chocolate bar soufflé gummies ice cream wafer dessert. Brownie dessert toffee topping tart cookie.

#### 3.2.2. Visualización

Muffin brownie biscuit. Cotton candy gummies cheesecake sesame snaps cupcake wafer icing danish. Dragée chocolate cake cupcake sweet gummi bears. Fruitcake biscuit fruitcake cookie macaroon bear claw.

#### 3.2.3. Modelos

Sugar plum croissant I love muffin. Bonbon lollipop pudding I love pie. Cotton candy danish I love tiramisu liquorice cake.

### 3.3. Suposiciones

Macaroon muffin I love jelly tootsie roll chupa chups chupa chups pastry powder. Apple pie pudding cheesecake pastry icing. I love bear claw candy canes caramels powder I love gingerbread halvah gingerbread.

### **3.4. Restricciones**

Pie chocolate cake candy jelly beans croissant sesame snaps carrot cake. Oat cake icing dessert cotton candy chocolate cake I love. Lollipop I love jujubes. Marzipan carrot cake candy apple pie sweet danish muffin danish biscuit.

### **3.5. Factores de Riesgo**

Sweet roll lollipop icing chocolate bar apple pie jelly beans. Caramels jujubes tiramisu croissant cake soufflé brownie. Jelly-o icing pie I love I love donut gummies.

#### **3.5.1. Detalle en los riesgos identificados**

### **3.6. Gestión de requerimientos**

### **3.7. Plan de pruebas**

#### **3.7.1. Alcance**

#### **3.7.2. Actividades y responsabilidades**

#### **3.7.3. Componentes por probar**

#### **3.7.4. Supuestos**

#### **3.7.5. Estrategía**

#### **3.7.6. Criterios de entrada**

#### **3.7.7. Criterios de salida**

#### **3.7.8. Recursos requeridos**

#### **3.7.9. Cronograma de pruebas**



## **4. Diseño de la solución**

### **4.1. Proceso de diseño**

#### **4.1.1. Escenarios analíticos**

### **4.2. Arquitectura de la herramienta**

### **4.3. Arquitectura de datos**

### **4.4. Selección de modelos**

### **4.5. Diseño de visualizaciones**

### **4.6. Justificación tecnológica**

## **5. Implementación de la solución**

## **6. Análisis de Resultados**

**6.1. Análisis desde el punto de vista técnico**

**6.2. Análisis desde el punto de vista de negocio**

## **7. Conclusiones**

### **7.1. Lecciones aprendidas**

### **7.2. Mejores prácticas**

## **8. Siguietes Pasos**

## Índice de figuras

## Índice de tablas

# Bibliografía

- [1] Sharma Chakravarthy and Qingchun Jiang. *OVERVIEW OF DATA STREAM PROCESSING*, pages 9–21. Springer US, Boston, MA, 2009.
- [2] Tobias Oetiker. The not so short introduction to latex: or latex in 157 minutes.



## **A. Plan de desarrollo del proyecto**

## **B. Hitos del proyecto**

## **C. Plan de desarrollo del proyecto**