



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA
CARRERA DE COMPUTACIÓN

**DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SERVICIO INTELIGENTE MEDIANTE DEEP
LEARNING USANDO REDES NEURONALES RECURRENTE CON SERIES
TEMPORALES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE PRODUCCIÓN Y MITIGACIÓN
DEL DESPERDICIO DE ALIMENTOS EN RESTAURANTES**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
título de Ingeniero en Ciencias de la Computación

AUTOR: ESTEBAN DAVID ROSERO PEREZ
TUTOR: ING. REMIGIO ISMAEL HURTADO ORTIZ, Ph.D.

Cuenca - Ecuador

2022

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Yo, Esteban David Rosero Perez con documento de identificación N° 1726442906, manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 08 de marzo del 2022.

Atentamente,

Esteban David Rosero Perez

1726442906

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

Yo, Esteban David Rosero Perez con documento de identificación N° 1726442906, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto técnico: “Diseño y desarrollo de un servicio inteligente mediante deep learning usando redes neuronales recurrentes con series temporales para la optimización de producción y mitigación del desperdicio de alimentos en restaurantes”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Ciencias de la Computación, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 08 de marzo del 2022.

Atentamente,

Esteban David Rosero Perez

1726442906

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Remigio Ismael Hurtado Ortiz con documento de identificación N° 0104621388, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DISEÑO Y DESARROLLO DE UN SERVICIO INTELIGENTE MEDIANTE DEEP LEARNING USANDO REDES NEURONALES RECURRENTES CON SERIES TEMPORALES PARA LA OPTIMIZACIÓN DE PRODUCCIÓN Y MITIGACIÓN DEL DESPERDICIO DE ALIMENTOS EN RESTAURANTES, realizado por Esteban David Rosero Perez con documento de identificación N° 1726442906, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 08 de marzo del 2022.

Atentamente,

Remigio Ismael Hurtado Ortiz, Ph.D.

0104621388

Dedicatoria

Este Trabajo es dedicado a mis padres Patricio Rosero y Gladys Perez, gracias a su esfuerzo y dedicación me han ayudado en mi vida personal y estudiantil, me han enseñado valores que los llevare durante toda mi vida profesional, viendo su ejemplo en su trabajo diario me ha motivado a conseguir este objetivo, les agradezco por su lucha, este logro es vuestro.

A mi hermana Maribel Rosero y mi cuñado Juan Carlos Hernández, a pesar de la distancia siempre estuvieron apoyándome en mi carrera y ayudándome con todo lo que necesitaba, agradeciéndoles por todos sus consejos, por su ejemplo de trabajo y compromiso con lo que uno desea.

Por último, le agradezco mucho a mi tía Ali Perez, que siempre me ha demostrado con ejemplo como se debe luchar por los sueños, me ha apoyado diariamente en mi vida universitaria, le agradezco por sus consejos y por sus enseñanzas, los llevare siempre conmigo. También agradezco a mis primos por su apoyo incondicional.

Esteban David Rosero Perez

Agradecimiento

Agradezco primero a dios, por la salud y el bienestar de toda mi familia, agradezco por haber tenido un el apoyo incondicional dentro de mi hogar y tener la oportunidad de cumplir uno de mis principales objetivos de mi vida estudiantil.

Agradezco a mis padres por todo su apoyo en toda mi vida, siempre han buscado lo mejor para mí y me han inculcado valores que siempre los llevare, gracias a ellos por su gran esfuerzo, son y serán siempre un pilar fundamental en mi vida, son los mejores padres y agradeceré siempre el tenerlos conmigo.

Agradezco a mi hermana Maribel Rosero, ella siempre ha sido un pilar fundamental en mi vida, gracias por esos consejos de vida que me he llevado siempre junto con los valores que ella me ha inculcado, a pesar de la distancia, siempre tuve ese apoyo fundamental de ella junto con mi cuñado.

Agradezco mucho a mi Tía Ali Perez y mi Tío Angel Pinto, ellos me han apoyado mucho en mi vida universitaria, agradezco por toda su ayuda y sus consejos, gracias a ellos los veo como un ejemplo en la vida laboral en el cual he aprendido mucho, con su ejemplo y sus consejos espero llegar muy lejos como lo han hecho ellos.

Esteban David Rosero Perez

II. Resumen

La Organización de las Naciones Unidas tiene como uno de los principales objetivos para el desarrollo sostenible, específicamente el objetivo número 12, nos detalla que se espera reducir en gran medida el desperdicio mundial de alimentos en la venta en medida al por menor, como también a nivel de los grandes consumidores, enfocándose así en la reducción de las grandes pérdidas dentro de las grandes Industrias que tienen como objetivo la producción y distribución de alimentos, el tema de buscar la gestión ecológica racional de algunos productos químicos como también de los desechos que estos abarcan, ha sido uno de los puntos que varios gobiernos han presentado en sus hojas de trabajo para su actual campaña.

El tema de la ayuda al medio ambiente es un punto en el que todo el mundo debe verse involucrado, principalmente las grandes cadenas de la industria alimenticia, estos son los que poseen mayor pérdida de dinero por el mal manejo y su gran desperdicio de comida, al no tener un buen apoyo de tecnología en la logística de la producción.

El marco de la producción, dentro de logísticas internas de los restaurantes, han reportado pérdidas de miles de dólares en restaurantes pequeños y en grandes industrias rondarían los millones de dólares, por lo que han buscado varias formas de mitigar los desperdicios y optimizar.

La tecnología ha sido una base fundamental dentro de varias industrias para poder apalancarse y mejorar varios ámbitos logísticos dentro de cada una de ellas, el desperdicio de alimentos es ahora un tema en el que se puede ayudar a mitigar en un cierto porcentaje con la ayuda del Deep Learning. El servicio inteligente generado en este proyecto ayudará a la industria alimenticia a predecir la cantidad de platos que se pueden vender dentro de una semana específica, ayudando así también con un listado de ingredientes y la cantidad de ellos que van a ser utilizados dentro de dicha semana, cada uno de estos listados se podrán descargar mediante reportes.

Al utilizar la tecnología a favor dentro de esta industria con predicciones y análisis, en la logística de ella, podemos mitigar varios problemas, con ello ayudaríamos en un pequeño porcentaje, con el objetivo número 12 de la Organización de las Naciones Unidas.

III. Abstract

The United Nations has as one of the main objectives for sustainable development, specifically goal number 12, details that it is expected to greatly reduce global food waste in retail sales, as well as at the level of large consumers, thus focusing on reducing the large losses within the large industries that aim to produce and distribute food, the issue of seeking environmentally sound management of some chemicals as well as waste that these include, has been one of the points that several governments have presented in their worksheets for their current campaign.

The issue of helping the environment is a point in which everyone should be involved, especially the large food industry chains, which are the ones that have the greatest loss of money due to poor management and waste of food, not having a good support of technology in the logistics of production.

The framework of production, within the internal logistics of restaurants, have reported losses of thousands of dollars in small restaurants and in large industries would be around millions of dollars, so they have sought various ways to mitigate waste and optimize.

Technology has been a fundamental basis within various industries to leverage and improve various logistical areas within each of them, food waste is now an issue that can help mitigate a certain percentage with the help of Deep Learning. The intelligent service generated in this project will help the food industry to predict the amount of dishes that can be sold within a specific week, helping also with a list of ingredients and the amount of them that are going to be used within that week, each of these lists can be downloaded through reports.

By using technology to the advantage of this industry with predictions and analysis, in the logistics of it, we can mitigate several problems, thus helping in a small percentage, with the objective number 12 of the United Nations Organization.

IV. Índice de Contenido

II.	Resumen.....	1
III.	Abstract.....	8
IV.	Índice de Contenido	9
V.	Introducción	12
VI.	Problema	13
A.	Antecedentes.....	13
B.	Importancia y alcances.....	13
VII.	Objetivos Generales y específicos	14
A.	Objetivo general.....	14
B.	Objetivos específicos	14
VIII.	Revisión de la literatura o fundamentos teóricos.....	15
A.	Inteligencia Artificial	15
B.	Redes Neuronales Biológicas.....	16
C.	Redes Neuronales Artificiales.....	16
D.	Aprendizaje Automático (Machine Learning).....	17
1.	Aprendizaje Supervisado	17
2.	Aprendizaje No Supervisado	17
3.	Aprendizaje por Refuerzo	18
E.	Aprendizaje Profundo (Deep Learning).....	18
1.	Red Neuronal Convolutacional (CNN):.....	18
2.	Red Neuronal Recurrente (RNN):.....	18
3.	Long short-term memory (LSTM):.....	19
F.	Series Temporales	19
G.	Logística Producción de Comida	19
H.	La IA en la Industria	19
I.	Definición Scrum	19
IX.	Marco Metodológico.....	20
A.	Propuesta de Solución.....	21
B.	Diseño y Arquitectura de la Red Neuronal Recurrente.....	22
1.	Paso 1. Extracción de datos.....	22
2.	Paso 2. Preprocesamiento	22
3.	Paso 3. Diseño.....	22
4.	Paso 4. Entrenamiento del modelo de red neuronal recurrente.....	23

5.	Paso 5. Predicciones.....	23
6.	Paso 6. Evaluación de predicciones	23
C.	Metodología Scrum.....	24
D.	Tecnologías.....	24
X.	Resultados	25
A.	Especificación de Requerimientos	25
1.	Introducción	26
•	Propósito	26
•	Alcance	26
•	Visión General del Producto	26
2.	Referencias.....	27
3.	Especificación de los Requerimientos	27
•	Requerimientos Funcionales	27
•	Interfaces de Usuario	28
B.	Planificación de Sprints	31
C.	Resultados Red Neuronal LSTM	34
1.	Modelo de Red Neuronal Base:	35
2.	Modelo de Red Neuronal Recurrente:.....	36
3.	Modelo de Red Neuronal Recurrente Optimizado:.....	37
D.	Prueba de Servicios e Interfaces WEB.....	38
XI.	Cronograma de Actividades	42
XII.	Presupuesto	43
XIII.	Conclusiones	44
XIV.	Recomendaciones	45
XV.	Referencias.....	45

Indice de Tablas

Tabla 1: Arquitectura Red Neuronal Recurrente LSTM.....	24
Tabla 2: Actividades del Objetivo Especifico 1.....	31
Tabla 3: Actividades del Objetivo Especifico 2.....	31
Tabla 4: Actividades del Objetivo Especifico 3.....	32
Tabla 5: Actividades del Objetivo Especifico 4.....	32
Tabla 6: Actividades del Sprint 1.....	33
Tabla 7: Actividades del Sprint 2.....	33
Tabla 8: Actividades del Sprint 3.....	34
Tabla 9: Actividades del Sprint 4.....	34
Tabla 10: Parámetros de Optimización, Fine Tuning	34
Tabla 11: Estructura modelo Red Neuronal Base	35
Tabla 12: Predicción Red Neuronal Base	35
Tabla 13: Resultado de la Red Neuronal Base.....	35
Tabla 14: Estructura modelo Red Neuronal Recurrente	36
Tabla 15: Predicción Red Neuronal Recurrente.....	36
Tabla 16: Resultado de la Red Neuronal Recurrente	36
Tabla 17: Estructura modelo Red Neuronal Recurrente Optimizado	37
Tabla 18: Predicción Red Neuronal Recurrente Optimizado.....	37
Tabla 19: Resultado de la Red Neuronal Recurrente Optimizado	37

Indice de Figuras

Figura 1. Ramas de la Inteligencia Artificial.	15
Figura 2: Estructura de una red Neuronal (Health, 2012).....	16
Figura 3:Neurona Artificial Simple (Krenker).....	17
Figura 4:Ejemplo de CNN (Campesato, 2020).....	18
Figura 5: Esquema descriptivo del proyecto.....	20
Figura 6: Propuesta de Aplicación.....	21
Figura 7: Estructura de especificación de requerimientos	25
Figura 8: Estructura del Servicio General.....	26
Figura 9: Prototipo del sistema de predicción.....	29
Figura 10: Página Principal Servicio Inteligente	38
Figura 11: Estadísticas que entrega el servicio Inteligente	38
Figura 12:Predicción del lunes.....	39
Figura 13:Archivo descargado de las ventas del lunes	39
Figura 14: Pantalla de los Ingredientes Por Plato	40
Figura 15: Pagina con Listado de Ingredientes General	40
Figura 16: Documento Pdf de los ingredientes de la semana	41

V. Introducción

Actualmente, Uno de los mayores problemas a nivel global es el desperdicio de los alimentos, un problema que enfrentan varios gobiernos enfocándose en la producción mundial de los alimentos.

Son más de mil trescientos millones de toneladas que se desperdician especialmente frutas, verduras, hortalizas y pan, dejándolos en estado de putrefacción la mayoría de estos. Enfocándonos en el desperdicio mundial de comida anualmente, con dicha cantidad se puede ayudar a combatir los márgenes de hambruna en el mundo, específicamente con aquella cantidad se puede ayudar a más de dos mil millones de personas, pero el problema del desperdicio de comida a nivel mundial es un punto de inflexión también en la ayuda para el medio ambiente ya que para la producción de dicha cantidad de comida se utiliza energía y agua, que sirven para cultivarlos, transportarlos y empacarlos, estos productos al estar en estado de putrefacción generan metano, el gas de efecto invernadero.

España, en el ranking de desperdicio alimentario se encuentra en el séptimo país perteneciente la Unión Europea que tienen un índice muy alto de desperdicio. Los españoles a la semana botan 25 millones de kilos de alimentos, una media de medio kilo por persona cada semana. Los Restaurantes en España desperdician más de 63000 toneladas de comida al año, tomando en cuenta el rango económico de los desperdicios se valorarían en 255 millones de euros al año. (Daniele, 2011)

La Inteligencia Artificial ha sido aceptada dentro de varias industrias por la capacidad de utilizar grandes cantidades de información dentro de cada sector y poder transformar dicha información aplicando diferentes metodologías generando así reportes estadísticos que ayudan en la toma de decisiones, varias empresas la están utilizando para mejorar los procesos de logística o para generar predicciones de ventas dentro de sus departamentos.

Las Redes neuronales recurrentes con relación específicamente a las series temporales nos ayudan a las recomendaciones y predicciones teniendo en cuenta el factor tiempo, realizando así el análisis en un tiempo específico, ayudando así a varias empresas a predecir el tiempo en el cual le tomara vender dicho producto por las características de los clientes o también si la importación de dicho producto es factible tomando en cuenta la temporada.

La implementación de un servicio inteligente dentro del auge de la innovación de varios sectores dentro de la industria Alimentaria nos permitirá generar reportes con relación al tiempo y procesando la información de las ventas que tienen los restaurantes, para así poder predecir la cantidad de platos que puede generar entre semanas y una lista de compras específica para cada sucursal de los restaurantes, con ello se busca reducir el desperdicio alimentario ya que se tendrá un análisis de cuantos platos generar por día y con qué tipo de ingredientes son los que más se van a utilizar.

VI. Problema

A. Antecedentes

El desperdicio de alimentos en la industria alimentaria es alarmante, de acuerdo con la información que nos ofrece la Organización de las Naciones Unidas, a nivel global se tiene un desperdicio de 1300 millones de toneladas en alimento al año. (FAO, 2019)

Uno de los principales problemas dentro de las grandes industrias que tienen como principal objetivo la producción de los alimentos para consumo humano, es el gran desperdicio en la cadena de producción hasta la logística de llegar al hogar como un producto final, se detalla que alrededor de 1300 millones de toneladas anuales. (National Geographic, 2020)

En Finlandia se estima que un 0.25 en porcentaje se desperdicia en restaurantes, hoteles y servicios de Catering, el 6% se maneja con relación a los desperdicios durante la cocción, el 5 / son con los que corresponden a los residuos del servicio y el 7% son las sobras que generan los clientes (Katajajuuri, 2014)

B. Importancia y alcances

Los Antecedentes mencionados nos muestran que la industria alimentaria debe cambiar para el bienestar tanto económico como social y medio ambiental, los 3 puntos a los cuales va enfocado para realizar un servicio inteligente.

La generación del servicio inteligente está dirigida a ayudar a los restaurantes a mitigar desperdicios tanto en la venta como en la producción de alimentos, con la predicción (entre semanas), de la cantidad de platos que van a vender, por ejemplo: el servicio nos indica que la primera semana de febrero la sucursal de un restaurante "X", tendrá aproximadamente 450 ventas, de las cuales 150 se reparten entre semana y las 300 faltantes es la cantidad de ventas en el fin de semana.

También tendrá una sección en la cual podrá generar una lista de ingredientes que se va a utilizar internamente para la sucursal pueda realizar las compras o la administración del restaurante mediante logística de entrega transporte los ingredientes que se deben enviar a cada sucursal.

Con este análisis que entregaría el servicio, el restaurante sabrá a que platos enfocarse y cuales puede relacionar los ingredientes para suprimir el uso masivo de ingredientes, minorizando el desperdicio alimentario enfocado a cada sucursal y así mejorando el margen de utilidad por venta de los platillos.

VII. Objetivos Generales y específicos

A. Objetivo general

Diseñar y desarrollar un servicio inteligente mediante Deep Learning usando redes neuronales recurrentes con series temporales para la optimización de producción y mitigación del desperdicio de alimentos en restaurantes

B. Objetivos específicos

OE1. Estudio general del proceso de abastecimiento de alimentos y producción en las cadenas de restaurantes(logística), estudiar las redes neuronales recurrentes enfocadas a datos con series temporales

OE2. Recolección, procesamiento y transformación de un conjunto de datos relacionado con la producción de alimentos.

OE3. Diseño, desarrollo y optimización de un servicio inteligente usando una Red Neuronal Recurrente con series temporales para la predicción de la producción de alimentos en restaurantes y posterior presentación de reportes.

OE4. Desarrollar un plan de experimentos que permitirá la validación del modelo de red neuronal.

VIII. Revisión de la literatura o fundamentos teóricos.

A continuación, explicaremos sobre la mayoría de los conceptos, la definición de las técnicas y sobre las tecnologías que se utilizaron en este proyecto.

A. Inteligencia Artificial

Se le atribuye como la capacidad que se generan en las maquinas, por medio de algoritmos en las cuales estas aprenden de una cantidad de datos y utiliza toda la información adquirida anteriormente, para la toma de decisiones.

La IA no es un campo único, sino que esta subdividido en diferentes ramas como lo son:



Figura 1. Ramas de la Inteligencia Artificial.

El tema de la inteligencia artificial alude también a la naturaleza y como es el emular de las redes neuronales biológicas y tratar de que los ordenadores puedan atribuir esta característica que tenemos los Seres Humanos, en base a diferentes acciones entender y tratar de aprender sobre el por qué durante varios años que han ayudado a que el ser humano evolucione tecnológicamente al nivel en el que estamos.

B. Redes Neuronales Biológicas

El cuerpo Humano contiene alrededor de ochenta y seis billones de neuronas, interconectadas dentro de una red compleja en la cual se atribuye que una sola red neuronal recibe información por lo menos de una red de diez mil neuronas.

Como podemos observar las redes neuronales tienen una estructura compleja que observando desde un plano individual podemos ver lo siguiente:

- Dendritas: son el canal de información
- Soma: es el órgano de cómputo
- Axón: El canal de salida

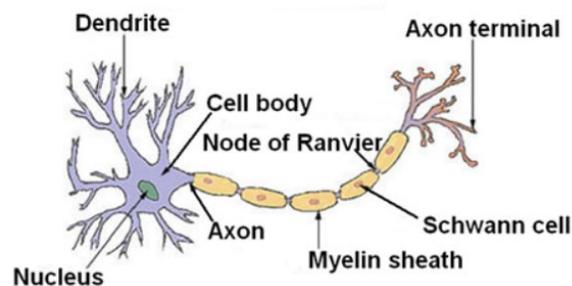


Figura 2: Estructura de una red Neuronal (Health, 2012)

C. Redes Neuronales Artificiales

Las Redes neuronales artificiales son sistemas que tratan de simular el macro funcionamiento del cerebro específicamente la interconexión y tratamiento de información de las neuronas biológicas, formada a través de una interconexión de redes, estas nos ayudan a resolver problemas individuales como también problemas más complejos combinando otros sistemas para mejorar la precisión en temas de clasificación representadas en diferentes áreas de la ciencia.

Las redes neuronales en su búsqueda para simular el funcionamiento de las neuronas biológicas con su mecanismo, generando así que los computadores tengan la posibilidad de resolver problemas con una complejidad alta al procesar y generar un análisis de información. (Aggarwal, 2018).

Las Redes neuronales están constituidas por diferentes números de capas y tipos de capas, entre ellas están las capas de entrada, en la cual es la información que va a ingresar procedentes del entorno, después nos encontramos con capas ocultas, son las que no tienen una conexión directa con el entorno y la capa de salida son aquellas que nos indican la información que tiene como respuesta generada por todas las anteriores capas de la red neuronal.

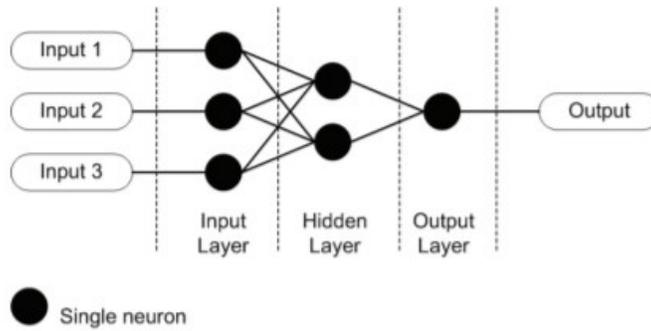


Figura 3: Neurona Artificial Simple (Krenker)

D. Aprendizaje Automático (Machine Learning)

El Aprendizaje automático utiliza funciones estadísticas para construir modelos matemáticos, teniendo una gran cantidad de datos busca la eficiencia en el algoritmo de aprendizaje que relaciona entre los datos y los transforma en información o experiencia (Ethem Alpaydin, 2014). En varias industrias se utiliza para construir modelos de aprendizaje en los cuales ayudan en la optimización, control y resolución de problemas, con la gran cantidad de información que cada una de ellas administra buscando mejorar sus procesos con algoritmos predictivos.

Existen tipos de aprendizaje Automático que son:

- Supervisado
- No Supervisado
- Por Refuerzo

1. Aprendizaje Supervisado

Para el aprendizaje supervisado, es el algoritmo de machine learning que basa su aprendizaje previamente en datos que están etiquetados identificando así su contenido, un ejemplo sería un dataset sobre boletos de avión en el cual las características que se manejan son los pasajeros, el precio del billete, a donde se dirige, cuál es su lugar de origen, etc. Cada fila y cada columna contiene información importante sobre un solo pasajero, estos dataset tienen como objetivo entrenar basado en un conjunto de entrenamiento y luego predecir con el conjunto de prueba. (Campesato, 2020)

2. Aprendizaje No Supervisado

Para el aprendizaje no supervisado, implica datos que previamente no han sido etiquetados, no se tiene algún valor de clase, categórico o numérico, comúnmente el aprendizaje no supervisado está dedicado a las tareas de agrupamiento llamadas clustering. (Campesato, 2020)

3. Aprendizaje por Refuerzo

El aprendizaje por refuerzo implica que el algoritmo aprenda por ensayo y error con el fin de maximizar la recompensa por un agente, en un ambiente que está definido por estados, las acciones son llevadas por el agente y las recompensas son los premios que el agente obtiene al lograr cumplir con su objetivo. (Campesato, 2020)

E. Aprendizaje Profundo (Deep Learning)

El Aprendizaje profundo es una subdivisión del machine Learning, en el cual se centra en las redes neuronales y en el entrenamiento de estas redes neuronales mediante algoritmos, tenemos varios ejemplos de redes neuronales como lo son:

- CNN: Convolutional Neuronal Networks
- RNN: Recurrent Neuronal Network
- LSTMS: Long Short Term Memory

En el aprendizaje del Deep learning, se escucha mucho sobre los hiperparámetros, son unas variables que se inicializan antes del proceso del entrenamiento, en estas variables se utilizan para indicar como se va a ensamblar el modelo, con que cantidad de capas, por ejemplo, podemos definir el número de capas ocultas, el número de redes neuronales que va a tener cada una de las capas ocultas, con cuanto se inicializa los pesos (parámetros libres), un optimizador, etc.

1. Red Neuronal Convolutiva (CNN):

Las Redes neuronales Convolutivas emulan la capacidad del ser humano en la clasificación de imágenes, estas redes neuronales trabajan con una estructura de entrada cuadrática en el cual en una imagen bidimensional nos ayuda con las ubicaciones espaciales adyacentes.

Estas redes neuronales son óptimas para datos que tienen un nivel muy alto de localización espacial, por lo tanto, esta red neuronal utiliza la operación convolución en al menos una capa.

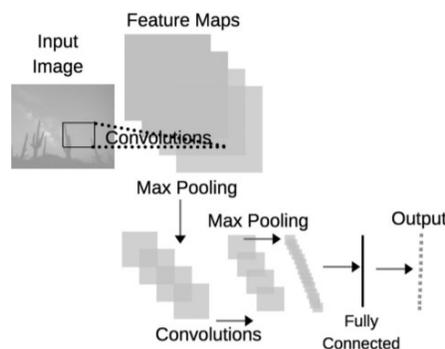


Figura 4: Ejemplo de CNN (Campesato, 2020)

2. Red Neuronal Recurrente (RNN):

Las Redes Neuronales Recurrentes (RNN), son ampliamente utilizadas por su capacidad de procesar y obtener información de datos secuenciales, ya que esta red neuronal tiene un bucle de retroalimentación, en el cual la salida de la anterior neurona ingresa como un dato de entrada para la siguiente neurona, formando así un bucle.

3. Long short-term memory (LSTM):

Red Neuronal LSTM puede reservar automáticamente información de secuencia histórica en su estructura de modelo. El modelo tiene una estructura profunda en términos de tiempo, pero es de baja dimensión en términos de predicción de un solo paso (Duan, 2016).

F. Series Temporales

Las Series temporales son una agrupación de observaciones que pertenecen a una variable que se ven alteradas secuencialmente en el tiempo, siendo importante el orden de las observaciones. Los valores de una serie temporal están vinculados a puntos en el tiempo, por lo que analizar una serie implica gestionar dos variables juntas; la variable que se examinará en sí misma y la variable de tiempo (Catalán, 2004).

Con relación al tiempo se puede observar cómo se modifica una variable, y como esta puede recomendar productos, dependiendo la temporada.

G. Logística Producción de Comida

La logística de los restaurantes está pensada para tener un mejor rendimiento, enfocado a la comodidad de los clientes como de los trabajadores del lugar.

La cocina debe estar en una ubicación estratégica, debe tener lugares específicos para almacenar suministros, los suministros que necesitan una temperatura baja deben estar en un refrigerador.

La compra de los insumos debe hacer de forma diaria y son entregadas por diferentes proveedores (Zuluaga Ortiz, 2019)

H. La IA en la Industria

La Automatización dentro de la industria, varios departamentos de logística han entrenado maquinarias para resolver problemas más complejos, las industrias que más han visto un aumento dentro de la tecnología son las finanzas, la medicina, la industria de transporte, servicio de atención cliente y juegos.

Según un estudio de la empresa Gartner generado el 2016, concluyo que al menos el 30% de las empresas usaran la Inteligencia artificial en el proceso de sus ventas, otro gran porcentaje del estudio demuestra que hay un gran uso de la Inteligencia Artificial en los departamentos de la banca y finanzas, por el cual se ha visto incrementado en gran medida, viendo óptimos resultados en varios departamentos. (Azuela, 2020)

I. Definición Scrum

Scrum es un sistema que permite mejorar la logística de la creación de un proyecto de una manera ágil y flexible, ayudando así a gestionar el desarrollo de software, con el principal objetivo de crear ciclos breves, con revisiones semanales enfocado en la optimización de la creación del proyecto, denominados Sprint (Schwaber, 2002)

Roles:

- **Product Owner:** Es el responsable de la creación de las tareas en el backlog como también priorizarlas.
- **Scrum Máster:** Es el responsable de que el proyecto no tenga contratiempos y cualquier obstáculo que se interponga se pueda evitar o solucionar de una manera eficaz.
- **Miembros del Equipo:** Son los desarrolladores del software, los cuales van a crear y testear el Código.

Herramientas:

- Backlog: Es el informe detallado para el desarrollo de dicho proyecto, en el cual se les especifica las tareas, visibles con todo el equipo.
- Historia de Usuario: Se detalla el comportamiento de los usuarios con relación a los requerimientos de ellos.
- Panel de Tareas: Es un escritorio en el cual se puede ver las tareas asignadas al equipo, en esta se detalla el estado de la tarea, por hacer, haciendo y finalizado.

IX. Marco Metodológico

En esta sección se presenta como se procedió mediante un flujo adecuado con el desarrollo de la creación del servicio inteligente, se presentará el diseño y los pasos a seguir para la creación del modelo de red neuronal como también la metodología y las tecnologías utilizadas.

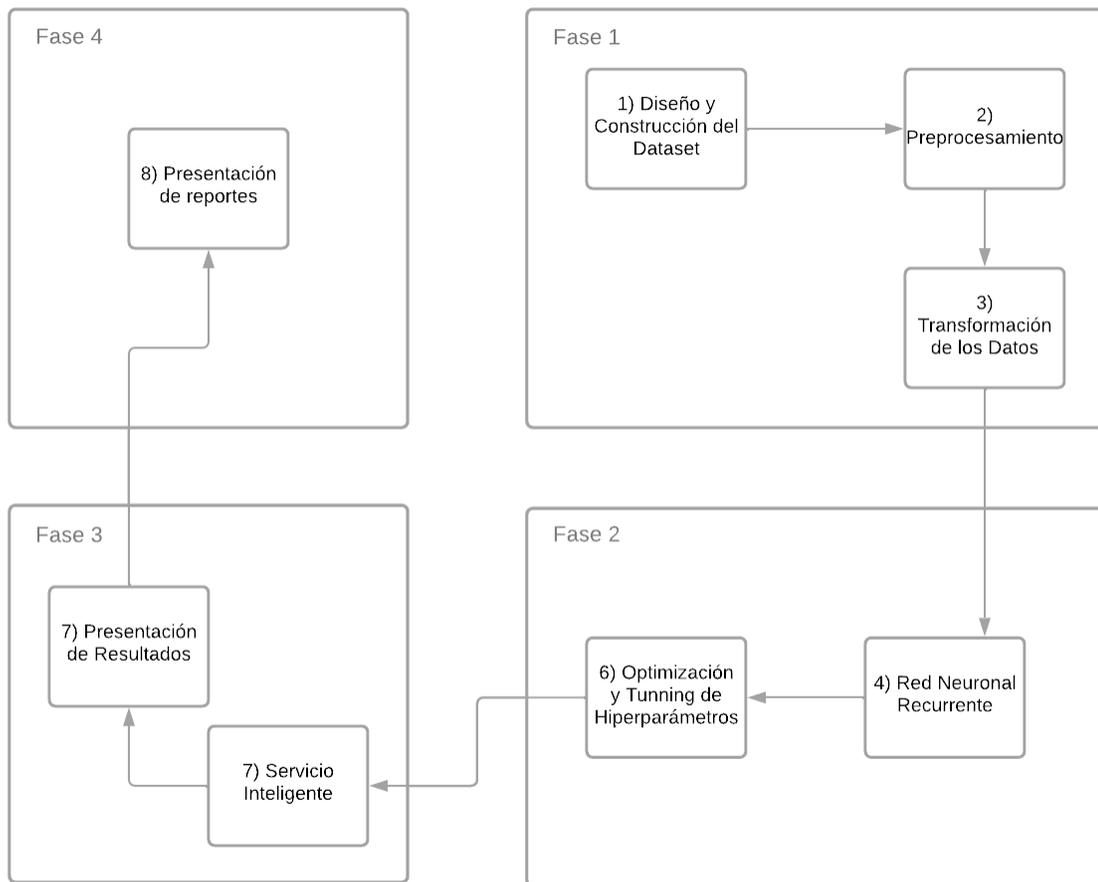


Figura 5: Esquema descriptivo del proyecto

A. Propuesta de Solución

El proyecto consta de 4 fases para la creación, integración y pruebas del proyecto, en la **primera fase** es estudiar todos los fundamentos teórico prácticos de las redes neuronales basado en series temporales, enfocando a la recomendación de los abastecimientos en los restaurantes, teniendo claro los conceptos sobre el material de estudio en este caso las redes neuronales recurrentes, como también tener definido la temática de los restaurantes en relación al abastecimiento de esta, como también el tiempo que toma vender cada uno de sus platos.

La segunda fase consiste en la recolección de información con relación a la venta diaria que tiene el restaurante, tomando en cuenta también el desperdicio que genera el no saber cuánto producir al día, tratar la información, limpiarla y procesarla.

En la tercera fase se procederá a diseñar la estructura y desarrollar un modelo optimizado de red neuronal Recurrente, donde tenemos la información procesada en la fase dos y tomando como referencia los tiempos poder sacar una estimación de venta diaria, después se procederá a optimizar el modelo de red neuronal, validar y analizar sus posibles mejoras.

se detalla la implementación del servicio inteligente.

En la cuarta fase se detalla la forma de la presentación de los resultados de la Red Neuronal, presentando los reportes analizados con sus graficas de resultados, para de ahí proceder al diseño de plan de pruebas e integración de estos resultados con la realidad, se procederá a realizar un plan de pruebas, poniendo a prueba el modelo.

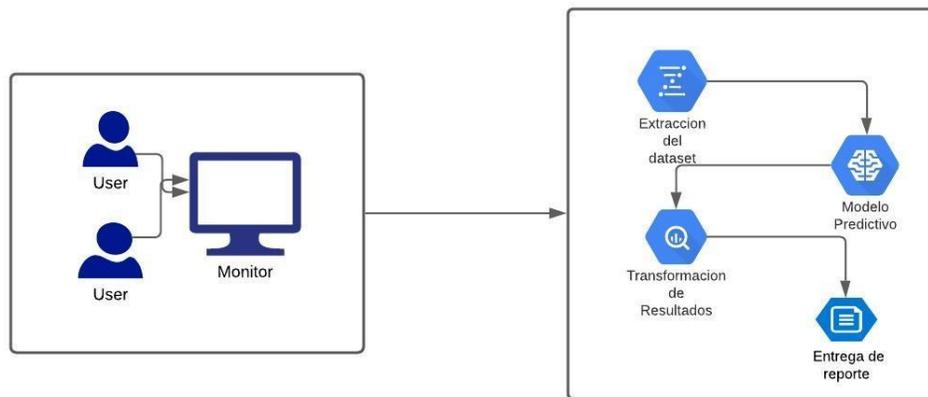


Figura 6: Propuesta de Aplicación

En la *figura 7* tenemos un diagrama en el cual presentamos la interacción básica del usuario con la página web, y detrás de ella el análisis como toda la funcionalidad de la red neuronal.

Los Usuarios tendrán que acceder a la página web para poder revisar los reportes que generará la red neuronal, este será un proceso automático en el cual el encargado del restaurante podrá observar cuantos platos venderá ese día y hacer una estimación de producción para menorar desperdicios.

Interfaz de interacción con el usuario o capa de presentación. conformado por la página web, es la capa encargada de mostrar los reportes y la gráfica de resultados al encargado del restaurante

Capa de Lógica. Conformado por la Red Neuronal, aquí es la encargada de la predicción y generación del análisis sobre los datos recopilados en un Dataset, aquí se analizará los datos y con relación al tiempo se podrá hacer una estimación de platos vendidos en el día.

B. Diseño y Arquitectura de la Red Neuronal Recurrente

En la parte del diseño, como también en la arquitectura de la red neuronal, es importante definir cuáles serán los datos de entrada con relación al tiempo para la capa de entrada LSTM, se realizó un ordenamiento en el dataset enfocado a las fechas, con ello podemos ver que el campo del tiempo se mantiene con relación a las ventas de cada centro o sucursal.

En la parte de optimización que tiene como definición obtener un porcentaje de error bajo, se utiliza la técnica de Fine Tuning, con esta técnica nos ayuda a buscar las mejores combinaciones de los hiperparámetros teniendo como objetivo mejorar los resultados y la arquitectura. El proceso de Fine Tuning, con la técnica de GridSearchCV, nos permite generar agrupaciones de las posibles combinaciones en los parámetros, realizando pruebas con ellas, teniendo como principal objetivo encontrar las condiciones óptimas de los hiperparámetros.

En la parte de la arquitectura del modelo de red neuronal se debe tener en cuenta los pasos respectivos que se siguieron para generar el modelo

1. Paso 1. Extracción de datos

Como paso principal para la creación de un modelo de red neuronal se necesita la extracción de los datos, nuestro modelo tendrá como principal relevancia el uso del tiempo, por el cual es su principal característica con ello tendremos la solvencia de un ordenamiento secuencial en el conjunto de datos, también vamos a tener en cuenta el centro o la sucursal del cual vamos a observar la relación del tiempo, y también tendremos el id de la comida de la cual se va a realizar la predicción, por último la variable de predicción que sería la cantidad de ventas o número de ordenes de dicho plato.

2. Paso 2. Preprocesamiento

A continuación, se procede a tratar la información que habíamos recalcado con el paso anterior de la extracción de datos, aquí nosotros procedemos a generar una secuencia dentro del dataset con un ordenamiento enfocado a la columna del tiempo y también se normaliza los valores del dataset en un rango de 0 a 1, teniendo como resultado la información ordenada con relación al tiempo.

3. Paso 3. Diseño

En el tercer paso para la realización del modelo, se procede a realizar un modelo de Red Neuronal Recurrente genérico, sin tomar en cuenta el dataset ni mejoras, por el cual pasara por un proceso de optimización con la técnica de Fine Tuning, en este proceso vamos a tratar las tres fases siguientes:

- **Compilación:** En esta fase como objetivo se busca obtener los mejores valores para el tamaño del batch, que es la cantidad de muestras que se extiende por la red, también la cantidad idónea de epochs, o número de veces que se ejecuta el entrenamiento de la red neuronal, como también el optimizador de la red neuronal
- **Densidad de Neuronas:** En esta fase, se trata de hallar la cantidad idónea de neuronas que necesita la red neuronal en cada capa.
- **Regularización de Dropout:** En la regularización de dropout se busca el número correcto de neuronas que serán desactivadas aleatoriamente.

Con ello nos dará los mejores resultados para los hiperparametros dentro de la Red Neuronal Recurrente, mejorándolo dicho modelo.

4. Paso 4. Entrenamiento del modelo de red neuronal recurrente

Con la información generada en el paso anterior tenemos un modelo de Red Neuronal Recurrente con los hiperparametros idóneos para este conjunto de datos (dataset), con ello procedemos a realizar el entrenamiento de la red neuronal y procedemos a comparar los valores que el modelo optimizado nos entrega con relación al modelo generado principalmente de prueba.

5. Paso 5. Predicciones

En este paso tenemos el modelo con los hiperparametros idóneos para el conjunto de datos inicial y también ya tenemos entrenado dicho modelo, después procedemos a realizar las predicciones, con dichos resultados entregados se procederá a realizar las validaciones respectivas con métricas de calidad.

6. Paso 6. Evaluación de predicciones

Para evaluar nuestra red neuronal previamente optimizada y entrenada, con los datos entregados en el paso anterior procederemos a calcular con métricas de calidad, para eso se procede con la métrica del MAE que es el error absoluto medio, esta se calcula con la suma media de los valores absolutos de los errores y Precision Score, esta nos permite calcular cuan preciso es el sistema en las predicciones.

A continuación, la arquitectura que se generó para la Red Neuronal Recurrente enfocado en el análisis y predicción de las ventas será la siguiente:

Tabla 1: Arquitectura Red Neuronal Recurrente LSTM

Capa LSTM	
UNITS	ACTIVATION
512	Relu
Capa Dropout	
RATE	
0.3	
Capa Dense	
UNITS	ACTIVATION
1	linear

C. Metodología Scrum

En este proyecto se procederá a utilizar la metodología Ágil SCRUM, con esta metodología se dividirá los requerimientos definidos en los objetivos en el producto Backlog para así proceder a definir los Sprint, El cronograma se estableció mediante los Sprint que vamos a utilizar en este proyecto, con la validación y testeo de actividades cumplidas se podrá definir si es posible mejorar o incrementar nuevos requerimientos

Definición del equipo Scrum

Para el desarrollo del servicio inteligente, se define el equipo denominado Scrum, como Scrum Máster está conformado por el Dr. Remigio Hurtado, para el equipo de desarrollo está conformado por Esteban David Rosero Perez.

D. Tecnologías

Backend:

Para la realización del proyecto se utilizó dos backend, el primero sería el backend principal que tiene el restaurante en el que se maneja el login del restaurante y toda la logística propia de ellos, el segundo es donde va a estar la lógica de la predicción de la red neuronal.

En el primer backend tenemos el framework Springboot, este framework utiliza java como lenguaje de programación, en ella se creó los servicios REST genéricos del Restaurante como la parte de seguridad de este.

En el segundo enfocado en un marco de usabilidad al modelo de la red neuronal, se trabajó con la tecnología de DJANGO, esta tecnología es un framework que utiliza de lenguaje python, que nos permite el desarrollo de sitios web o de servicios REST, con esta tecnología se pudo utilizar la red neuronal optimizada generada anteriormente y crear un API que tenga como parámetros de entrada

el Id de la comida, el día de la semana específico dentro del rango de 1 a 7, el número de la semana (de las 52 semanas en el año) y el centro o sucursal, para que el uso de este modelo de red neuronal pueda ser utilizado desde cualquier otro sistema anteriormente creado.

Frontend:

En la parte de la capa de interfaz e interacción con el usuario tenemos a REACTJS, esta es una librería que nos ayuda a crear interfaces de usuario, esta nos facilita el desarrollo en una sola página, el peso del proyecto es bajo y mucho más rápido en la fluidez dentro de la aplicación. Con ella se generó las páginas, las gráficas se generaron con una librería externa llamada APEX.

X. Resultados

En esta sección se procederá a mostrar los resultados generados con la creación del servicio inteligente, para ello se mostrará los requerimientos del proyecto, los diseños, bocetos iniciales, manejo del proyecto mediante la metodología scrum y resultados de pruebas realizadas a la red neuronal.

También se mostrará las interfaces finales que se generaron para la prueba del servicio inteligente, como los reportes que se generan.

A. Especificación de Requerimientos

En la especificación de requerimientos para el proyecto de sistema inteligente, seguirá como estándar ISO/IEC/IEEE 29148:2011 y seguirá la siguiente estructura:

- **Introducción**
 - **Propósito**
 - **Alcance**
 - **Visión General del Producto**
 - **Perspectiva del producto**
 - **Funciones del producto**
- **Referencias**
- **Especificación de Requerimientos**
 - **Requerimientos Funcionales**
 - **Interfaces de usuario**
 - **Aplicación web**

Figura 7: Estructura de especificación de requerimientos

1. Introducción

La especificación de los requerimientos para el desarrollo de un sistema inteligente, en el cual sirva como herramienta a los restaurantes mejorando la logística con la toma de decisiones basada en la predicción de la red neuronal, en esta sección se dará a conocer las funciones que tendrá dicho sistema, como también sus requerimientos funcionales y los no funcionales.

- **Propósito**

El Sistema Inteligente ayudara al restaurante que lo aplique, en tomar decisiones con relación a la cantidad de platos que se van a realizar durante el día, como también tendrá una sección en el cual se descargue una lista de ingredientes para poder hacer las compras semanalmente tomando en cuenta la cantidad de platos que se van a vender para tratar de minimizar el desperdicio.

- **Alcance**

El Sistema Inteligente tendrá una interfaz gráfica en el cual ayudara mediante graficas a indicar al encargado del servicio, el plato y la cantidad de ventas que va a tener, de esta forma el usuario podrá descargar el número de ventas que tendrá diariamente y también el servicio entregara un reporte que nos indicara una lista de ingredientes que se deben comprar de forma semanal.

- **Visión General del Producto**

Perspectiva del Producto

El Sistema Inteligente, puede implementarse en cualquier restaurante que desee el servicio de predicción e integración de reportes, cualquier sistema que ya está en funcionamiento dentro de un restaurante podrá acoplarse mediante servicios API REST, y manejar la información como ellos deseen generando mejores reportes o utilizando en rangos de fechas diferentes.

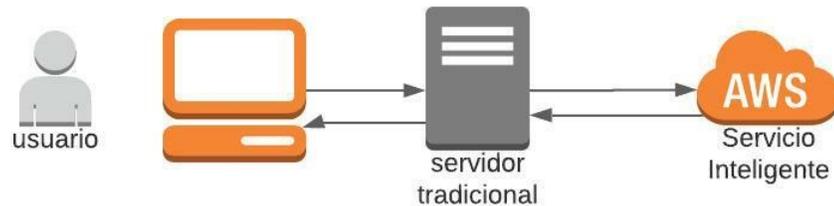


Figura 8: Estructura del Servicio General

Funciones del Producto

A continuación, se muestra los servicios que tiene el servicio inteligente

Predicción de ventas: La función de predicción de ventas ayudara a que mediante el ingreso de la semana que se quiera buscar (52 semanas que hay en el año), y la selección del centro que se va a buscar nos entregue la cantidad de platos que se van a vender cada día de la semana.

Entrega de Lista de Ingredientes: La función de entrega de lista de ingredientes utiliza la información del servicio de predicción y el archivo de Excel con los ingredientes guardados con la técnica de web scrapping, para que con la información de los dos archivos poder calcular cuantos ingredientes se van a utilizar dentro de la semana y entregar un reporte con los ingredientes que se debe comprar en la semana.

2. Referencias

Los requerimientos obtenidos se basarán en el estándar ISO/IEC/IEEE 29148:2011.

3. Especificación de los Requerimientos

- Requerimientos Funcionales

Los Requerimientos Funcionales delimitan el sistema con sus características más importantes a continuación, los requerimientos funcionales:

Servicio de predicción:

Servicio Predicción	
Identificador IS-01	Nombre Predicción de ventas
Descripción El servicio inteligente debe permitir mediante el ingreso de la fecha y la sucursal, obtener una predicción sobre las ventas de la semana a la que le pertenece la fecha.	
Entrada Fecha que se quiere predecir El id del centro o sucursal que se desea saber la predicción	
Proceso El servicio mediante una consulta a nivel de frontend o por API REST podrá consultar las predicciones con los datos de entrada ingresados como json.	
Salida La respuesta del servicio nos entregara la predicción de todas las comidas y sus ventas que van a realizarse dentro de la semana	
Prioridad Alta	

Servicio de Lista de ingredientes

Servicio Ingredientes	
Identificador PI-01	Nombre Predicción de Ingredientes
Descripción El servicio inteligente permitirá obtener mediante la información de la predicción del requerimiento IS-01 y los datos del requerimiento WS-01, los cálculos para la generación del listado de ingredientes que se necesitara en la semana que se predijo.	
Entrada La predicción del requerimiento funcional IS-01 Los datos del requerimiento funcional WS-01	
Proceso El servicio mediante una consulta a nivel de API REST con la información del requerimiento funcional IS-01 y el WS-01, procederá a generar un calculo para obtener de forma conjunta los ingredientes en común y sumarlos con relación a la predicción de las ventas a la semana	
Salida Listado con todos los ingredientes y sus cantidades	
Prioridad Alta	

- Interfaces de Usuario
En esta sección detallaremos los diseños generados para la utilización de los servicios inteligentes, pero con una interfaz de usuario amigable, mostrando así los resultados:

Pantalla Predicción:

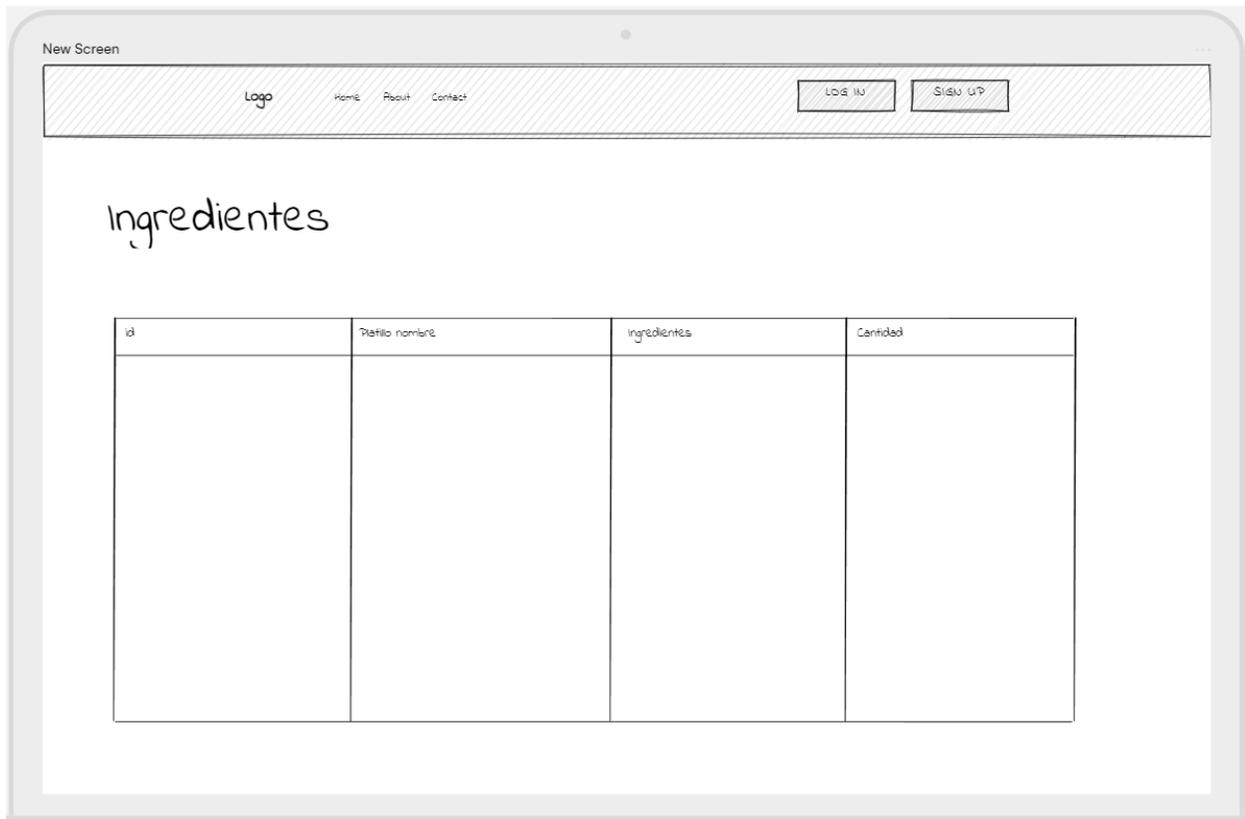
En la pantalla de predicción nosotros vamos a tener el botón para la predicción en el cual, como parámetros de entrada para el servicio de predicción necesitamos la fecha y el centro o sucursal donde se va a realizar la predicción, después se mostrará unas tablas con los días de la semana respectivamente y sus graficas que mostrará la comida (nombre), y la cantidad de ventas que tendrá a la semana.



Figura 9: Prototipo del sistema de predicción

Pantalla Ingredientes

En la sección de la pantalla con los ingredientes se podrá observar, todo el listado de los platillos con los ingredientes respectivamente, y su cantidad que se va a utilizar en la elaboración de cada platillo, con la predicción que se hizo anteriormente en la otra pantalla.



En esta sección se muestran los resultados que se ha obtenido con la elaboración del servicio inteligente, dentro de las pruebas generadas con su propia interfaz para mayor facilidad y mejor visualización.

B. Planificación de Sprints

Para la definición de los sprints se debe tener definido una lista de actividades, presentados a continuación:

- Listado de Actividades

OE1. Estudio general del proceso de abastecimiento de alimentos y producción en las cadenas de restaurantes(logística), estudiar las redes neuronales recurrentes enfocadas a datos con series temporales

Tabla 2: Actividades del Objetivo Especifico 1

No.	Actividad
1	Estudio general sobre los fundamentos teóricos de las Redes Neuronales Recurrentes
2	Estudio de las Redes Neuronales con relación a series temporales.
3	Estudio de los procesos de abastecimientos de alimentos en restaurantes.
4	Estudio de la producción de los restaurantes.
5	Estudio de análisis de venta con relación al tiempo en los restaurantes

OE2. Recolección, procesamiento y transformación de un conjunto de datos relacionado con la producción y desperdicio de alimentos.

Tabla 3: Actividades del Objetivo Especifico 2

No.	Actividad
1	Recolección del conjunto de datos con relación a la producción y desperdicio de alimentos
1	Procesamiento del conjunto de datos
2	Limpiar, Seleccionar y transformar los datos que involucren en la producción y desperdicio de los alimentos.

OE3. Diseño, desarrollo y optimización de un servicio inteligente usando una Red Neuronal Recurrente con series temporales para la predicción de la producción de alimentos en restaurantes y posterior presentación de reportes.

Tabla 4: Actividades del Objetivo Específico 3

No.	Actividad
1	Diseño y elaboración de un modelo de Red Neuronal Recurrente con series temporales
2	Validación y Análisis de la Red Neuronal Recurrente
3	Investigación de herramientas para la creación de reportes
4	Diseño, desarrollo e implementación de reportes
5	Desarrollo del servicio Inteligente.

OE4. Desarrollar un plan de experimentos que permitirá la validación del modelo de red neuronal.

Tabla 5: Actividades del Objetivo Específico 4

No.	Actividad
1	Diseño del plan de pruebas y de integración para la validación de la Red Neuronal.
2	Diseño del plan de pruebas funcionales, no funcionales y de aceptación
3	Ejecución de pruebas.

Al detallar las actividades por objetivos, en scrum master definimos sprints por etapas en este proyecto, vamos a realizar 4 sprints, se debe especificar que por finalizar cada sprint se procede a una revisión con el scrum master para ver los avances y el cumplimiento de cada sprint, con esto también se puede revisar y ver si se colocan mejoras dentro de las otras tareas, a continuación, se muestra las tablas de la definición de los sprints.

- Sprint 1

Tabla 6: Actividades del Sprint 1

Sprint 1	30 horas	lun 11-10-21	sab 16-10-21
OE. 1	25 horas	lun 11-10-21	vie 15-10-21
ACT. 1. Estudio general sobre los fundamentos teóricos de las Redes Neuronales Recurrentes	5 horas	lun 11-10-21	lun 11-10-21
ACT. 2. Estudio de las Redes Neuronales con relación a series temporales.	5 hora	mar 12-10-21	mar 12-10-21
ACT. 3. Estudio de los procesos de abastecimientos de alimentos en restaurantes.	5 horas	mie 13-10-21	mie 13-10-21
ACT. 4. Estudio de la producción de los restaurantes.	5 horas	jue 14-10-21	jue 14-10-21
ACT. 5. Estudio de análisis de venta con relación al tiempo en los restaurantes	5 horas	vie 15-10-21	vie 15-10-21
OE. 3	5 horas	sab 16-10-21	sab 16-10-21
ACT. 3. Investigación de herramientas para la creación de reportes.	5 horas	sab 16-10-21	sab 16-10-21

- Sprint 2

Tabla 7: Actividades del Sprint 2

Sprint 2	100 horas	dom 17-10-21	sab 6-11-21
OE. 2	70 horas	dom 17-10-21	dom 31-10-21
ACT. 1. Recolección del conjunto de datos con relación a la producción y desperdicio de alimentos	20 horas	dom 17-10-21	jue 21-10-21
ACT. 2. Procesamiento del conjunto de datos	25 horas	vie 22-10-21	mar 26-10-21
ACT. 3. Limpiar, Seleccionar y transformar los datos que involucren en la producción y desperdicio de los alimentos.	25 horas	Mie 27-10-21	dom 31-10-21
OE. 3	30 horas	lun 1-11-21	sab 6-11-21
ACT. 4. Diseño, desarrollo e implementación de reportes	30 horas	lun 1-11-21	sab 6-11-21

- Sprint 3

Tabla 8: Actividades del Sprint 3

Sprint 3	150 horas	dom 7-11-21	Mar 14-12-21
OE. 3	120 horas	dom 7-11-21	lun 6-12-21
ACT. 1. Diseño y desarrollo de un modelo de Red Neuronal Recurrente con series temporales	80 horas	dom 7-11-21	vie 26-11-21
ACT.2. Validación y Análisis de la Red Neuronal Recurrente	40 horas	sab 27-12-21	lun 6-12-21
ACT.5. Desarrollo del servicio Inteligente	30 horas	mar 7-12-21	mar 14-12-21

- Sprint 4

Tabla 9: Actividades del Sprint 4

Sprint 4	20 horas	mie 15-12-21	sab 18-12-21
OE. 5	20 horas	mie 15-12-21	sab 18-12-21
ACT. 1. Diseño del plan de pruebas y de integración para la validación de la Red Neuronal.	5 horas	mie 15-12-21	mie 15-12-21
ACT. 2. Diseño del plan de pruebas funcionales, no funcionales y de aceptación	5 horas	jue 16-12-21	jue 16-12-21
ACT. 3. Ejecución de pruebas.	10 horas	vie 17-12-21	sab 18-12-21

C. Resultados Red Neuronal LSTM

Para probar resultados con la red neuronal se generó tres modelos en los cuales se va a realizar con el mismo conjunto de datos ciertos análisis con relación a la predicción de cada uno de ellos y su resultado, para ello se asignaron ciertos valores de pruebas en los hiperparámetros dentro del modelo de red neuronal con la técnica de Fine tuning, a continuación, los parámetros.

Tabla 10: Parámetros de Optimización, Fine Tuning

Parámetro	valores
Compilación	epochs=64, 128, 256, 512 batch size= 5, 10, 20, 50, 100, 500 optimizador = RMSprop, Adam.
Densidad de neuronas en capas	16,60,128,256,512
Regularización de dropout	0,0.1,0.2,0.3,0.4,0.5

La red Neuronal creada en este proyecto, paso por un proceso de optimización, específicamente en la técnica de fine tuning, en la que nos mostró los mejores parámetros para dicha red neuronal, mejorando así los resultados de la predicción, en la tabla 1 se detalló la red neuronal en la cual se prueba mediante la técnica de GridSearch que permite calcular los valores óptimos de los hiperparámetros mostrados anteriormente.

Para las pruebas se realizó 3 modelos de red neuronal, modelo de red neuronal base, modelo de red neuronal recurrente y modelo de red neuronal recurrente Optimizado, en los cuales se hizo con el mismo conjunto de datos y estas fueron las predicciones que cada uno de ellos mostro.

1. Modelo de Red Neuronal Base:

Tabla 11: Estructura modelo Red Neuronal Base

Capa Densa
UNITS
16
Capa Densa
UNITS
1

- Predicción de datos:

Tabla 12: Predicción Red Neuronal Base

Valor Real	Valor Predicción
1	-77
32	-180
26	-92
31	-155
1	7
105	-496
3	-115

- Resultado:

Tabla 13: Resultado de la Red Neuronal Base

Precision	0.0
Mean Absolute Error (MAE):	133.30

2. Modelo de Red Neuronal Recurrente:

Tabla 14: Estructura modelo Red Neuronal Recurrente

Capa LSTM	
UNITS	ACTIVATION
16	Relu
Capa Dropout	
RATE	
0.3	
Capa Dense	
UNITS	ACTIVATION
1	linear

- Predicción de datos:

Tabla 15: Predicción Red Neuronal Recurrente

Valor Real	Valor Predicción
1	30
32	29
26	30
31	30
1	29
105	32
3	24

- Resultado:

Tabla 16: Resultado de la Red Neuronal Recurrente

Precision	0.77
Mean Absolute Error (MAE):	18.46

3. Modelo de Red Neuronal Recurrente Optimizado:

Tabla 17: Estructura modelo Red Neuronal Recurrente Optimizado

Capa LSTM	
UNITS	ACTIVATION
512	Relu
Capa Dropout	
RATE	
0.3	
Capa Dense	
UNITS	ACTIVATION
1	linear

- Predicción de datos:

Tabla 18: Predicción Red Neuronal Recurrente Optimizado

Valor Real	Valor Predicción
1	23
32	18
26	22
31	23
1	25
105	57
3	19

- Resultado:

Tabla 19: Resultado de la Red Neuronal Recurrente Optimizado

Precision	0.77
Mean Absolute Error (MAE):	17.54

D. Prueba de Servicios e Interfaces WEB

Las pruebas respectivas del servicio inteligente se van a realizar con una interfaz web, esta nos ayudará a mostrar el correcto funcionamiento de los servicios REST, y será una forma de la cual cualquier restaurante podrá utilizar dicho modulo para apalancarse, mejorando sus procesos.

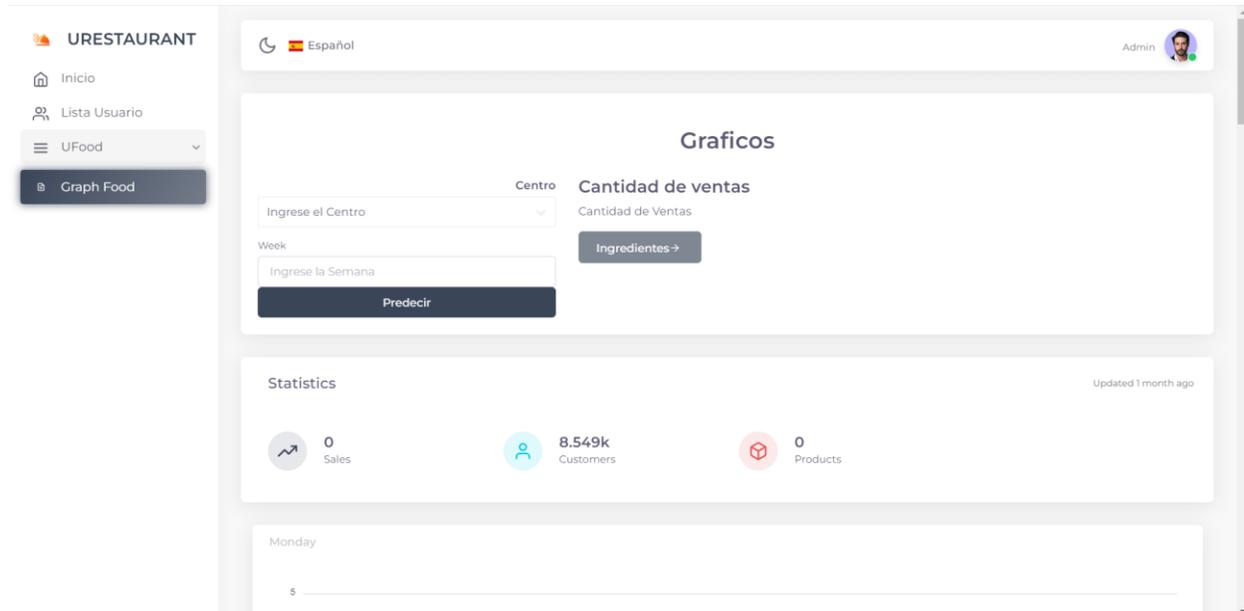


Figura 10: Página Principal Servicio Inteligente

En esta página nosotros tendremos las opciones del centro y de la fecha que queremos predecir, en la sección de centro debemos seleccionar la sucursal a la cual va dirigida la predicción como también la semana, nosotros seleccionaremos dentro de la opción de un calendario la semana que queremos predecir la cantidad de ventas de dicha sucursal.

Una vez hecha la predicción, se tiene un botón para la parte de ingredientes en la cual se utilizará la información que antes habíamos generado (predicción de ventas), para poder generar la cantidad de ingredientes que se necesita para la semana.

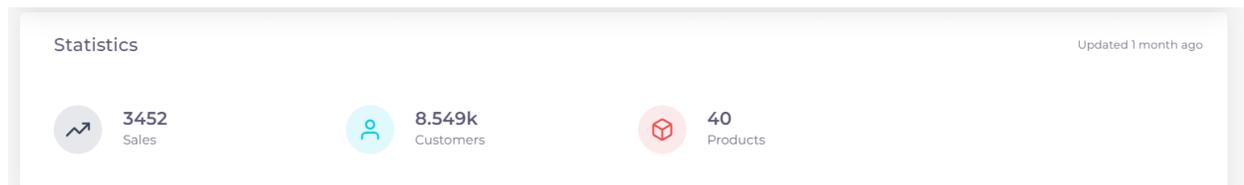


Figura 11: Estadísticas que entrega el servicio Inteligente

En esta sección de la página podemos observar las estadísticas, de modo general en la cual se puede observar la cantidad de ventas dentro de la semana, los posibles compradores y cuantos productos se maneja dicha sucursal

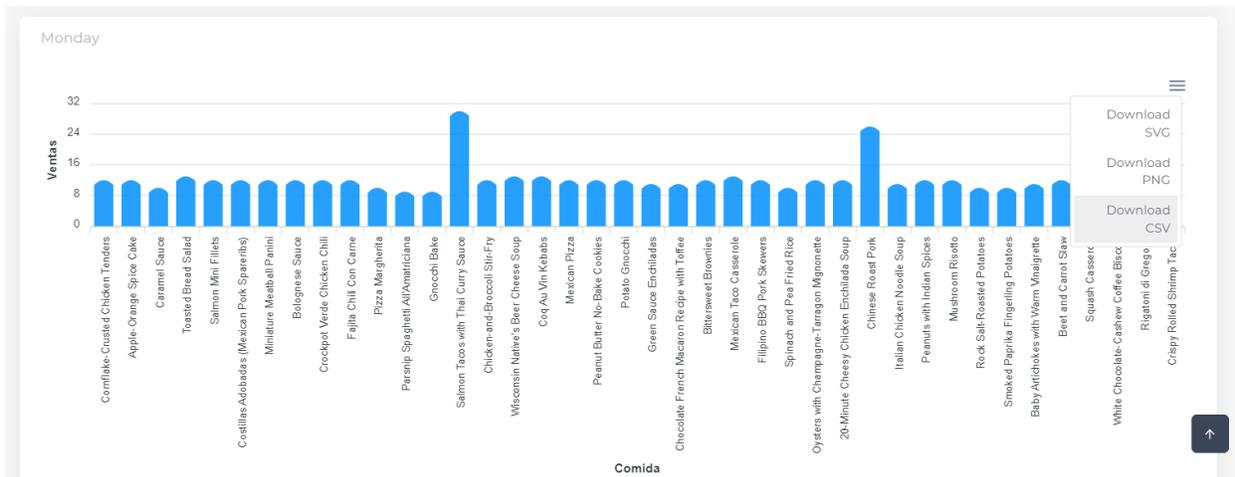


Figura 12: Predicción del lunes

En esta parte de la pantalla nosotros tendremos varios gráficos que conllevaran a cada día dentro de la semana elegida en la primera sección, en esta nos mostrara el nombre del plato como la cantidad de ventas que tendrá dicho plato.

También el encargado del sistema del restaurante tendrá la posibilidad de poder descargarse tanto como imagen, y también como csv.

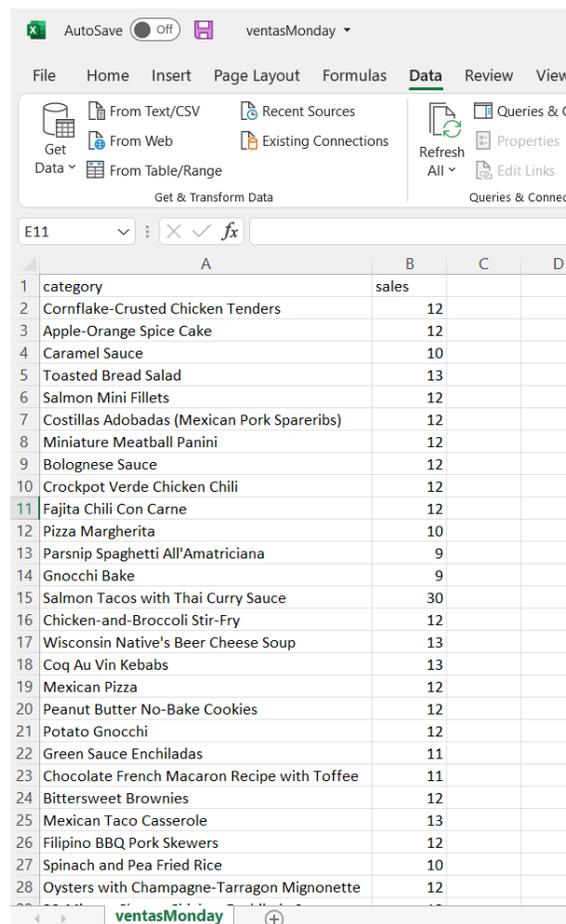


Figura 13: Archivo descargado de las ventas del lunes

Documento descargado en la anterior sección en la cual se muestra todas las ventas del día en el cual se ha descargado el archivo, en este caso es del lunes de la semana seleccionada en la primera sección, se descargará un archivo tipo csv, para cualquier análisis o documentación.

mealid	name	Ingredients	Unit	Amount
2304	Cornflake-Crusted Chicken Tenders	all-purpose flour	cup	10.5
2304	Cornflake-Crusted Chicken Tenders	salt	teaspoon	15.75
2304	Cornflake-Crusted Chicken Tenders	pepper	teaspoon	10.5
2304	Cornflake-Crusted Chicken Tenders	large eggs		42
2304	Cornflake-Crusted Chicken Tenders	cornflakes	cups	84
2304	Cornflake-Crusted Chicken Tenders	dried parsley	teaspoons	42
2304	Cornflake-Crusted Chicken Tenders	garlic powder	teaspoon	21

Figura 14: Pantalla de los Ingredientes Por Plato

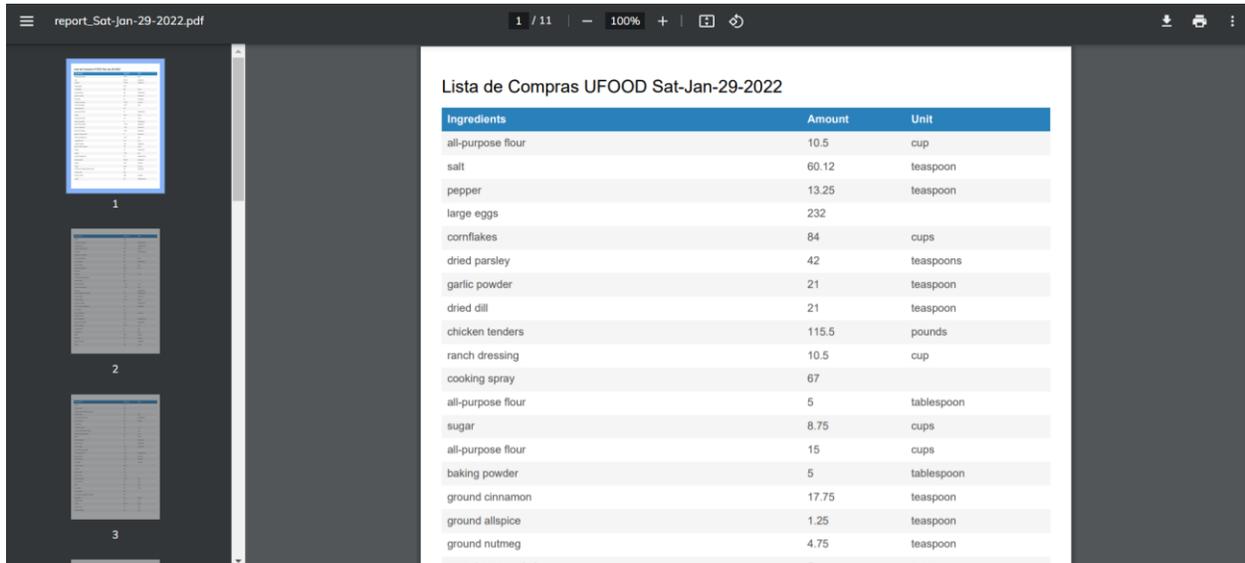
En esta Pantalla, se utilizará la información generada en la anterior pantalla (predicción de ventas durante la semana), para poder generar la cantidad de ingredientes que se necesita para dicha semana, en esta sección nos generara una tabla en la cual nos dice, por cada plato se necesita una cantidad especifica de ingredientes en dicha semana.

Después de ello procederemos a generar el listado general de ingredientes que se utilizaran en la semana generada.

Ingredients	Unit	Amount
all-purpose flour	cup	10.5
salt	teaspoon	60.12
pepper	teaspoon	13.25
large eggs		232
cornflakes	cups	84
dried parsley	teaspoons	42
garlic powder	teaspoon	21
dried dill	teaspoon	21
chicken tenders	pounds	115.5
ranch dressing	cup	10.5
cooking spray		67

Figura 15: Pagina con Listado de Ingredientes General

En esta página nosotros podremos observar la generación del listado general de ingredientes, esta información es para los restaurantes que desean tener las compras frescas dentro de la semana y saber que deben comprar con la cantidad que van a utilizar dentro de la semana, con ello pueden comprar solo lo que llegarían a utilizar, aquí tenemos para generar un descargable tipo pdf en el cual nos ayudaría para enviarlo por alguna red social y realizar las compras necesarias.



report_Sat-Jan-29-2022.pdf | 1 / 11 | 100% |

Lista de Compras UFOOD Sat-Jan-29-2022

Ingredients	Amount	Unit
all-purpose flour	10.5	cup
salt	60.12	teaspoon
pepper	13.25	teaspoon
large eggs	232	
cornflakes	84	cups
dried parsley	42	teaspoons
garlic powder	21	teaspoon
dried dill	21	teaspoon
chicken tenders	115.5	pounds
ranch dressing	10.5	cup
cooking spray	67	
all-purpose flour	5	tablespoon
sugar	8.75	cups
all-purpose flour	15	cups
baking powder	5	tablespoon
ground cinnamon	17.75	teaspoon
ground allspice	1.25	teaspoon
ground nutmeg	4.75	teaspoon

Figura 16: Documento Pdf de los ingredientes de la semana

Este documento descargado anteriormente mostrara los ingredientes que necesitan dentro de la semana para poder realizar cada uno de sus platillos, con ello pueden descargarlo y utilizarlo en la compra de dichos productos.

XI. Cronograma de Actividades

El cronograma de actividades para el desarrollo del servicio inteligente se detallará a continuación:

Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin
Proyecto	300 horas	lun 11-10-21	Lun 3-01-22
Sprint 1	30 horas	lun 11-10-21	sab 16-10-21
OE. 1	25 horas	lun 11-10-21	vie 15-10-21
ACT. 1. Estudio general sobre los fundamentos teóricos de las Redes Neuronales Recurrentes	5 horas	lun 11-10-21	lun 11-10-21
ACT. 2. Estudio de las Redes Neuronales con relación a series temporales.	5 hora	mar 12-10-21	mar 12-10-21
ACT. 3. Estudio de los procesos de abastecimientos de alimentos en restaurantes.	5 horas	mie 13-10-21	mie 13-10-21
ACT. 4. Estudio de la producción de los restaurantes.	5 horas	jue 14-10-21	jue 14-10-21
ACT. 5. Estudio de análisis de venta con relación al tiempo en los restaurantes	5 horas	vie 15-10-21	vie 15-10-21
OE. 3	5 horas	sab 16-10-21	sab 16-10-21
ACT. 3. Investigación de herramientas para la creación de reportes.	5 horas	sab 16-10-21	sab 16-10-21
Sprint 2	100 horas	dom 17-10-21	sab 6-11-21
OE. 2	70 horas	dom 17-10-21	dom 31-10-21
ACT. 1. Recolección del conjunto de datos con relación a la producción y desperdicio de alimentos	20 horas	dom 17-10-21	jue 21-10-21
ACT. 2. Procesamiento del conjunto de datos	25 horas	vie 22-10-21	mar 26-10-21
ACT. 3. Limpiar, Seleccionar y transformar los datos que involucren en la producción y desperdicio de los alimentos.	25 horas	Mie 27-10-21	dom 31-10-21
OE. 3	30 horas	lun 1-11-21	sab 6-11-21
ACT. 4. Diseño, desarrollo e implementación de reportes	30 horas	lun 1-11-21	sab 6-11-21
Sprint 3	150 horas	dom 7-11-21	Mar 14-12-21
OE. 3	120 horas	dom 7-11-21	lun 6-12-21
ACT. 1. Diseño y desarrollo de un modelo de Red Neuronal Recurrente con series temporales	80 horas	dom 7-11-21	vie 26-11-21
ACT.2. Validación y Análisis de la Red Neuronal Recurrente	40 horas	sab 27-121	lun 6-12-21
ACT.5. Desarrollo del servicio Inteligente	30 horas	mar 7-12-21	mar 14-12-21
Sprint 4	20 horas	mie 15-12-21	sab 18-12-21
OE. 5	20 horas	mie 15-12-21	sab 18-12-21
ACT. 1. Diseño del plan de pruebas y de integración para la validación de la Red Neuronal.	5 horas	mie 15-12-21	mie 15-12-21
ACT. 2. Diseño del plan de pruebas funcionales, no funcionales y de aceptación	5 horas	jue 16-12-21	jue 16-12-21

ACT. 3. Ejecución de pruebas.	10 horas	vie 17-12-21	sab 18-12-21
-------------------------------	----------	--------------	--------------

Total, de Horas: 300 H

Fecha de Inicio: lunes 11 de octubre de 2021

Fecha de Fin: lunes 3 de enero de 2022

XII. Presupuesto

El presupuesto para el servicio inteligente estimado es el siguiente:

DENOMINACIÓN	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
	unidades	dólares	dólares
1. Bienes			
Copias	50	0,01	0,5
Impresiones	250	0,05	12,5
Empastados	2	10	20
2. Tecnológico			
Computador Portátil	1	1200	1200
Celular Inteligente	1	300	300
3. Servicios			
Gasolina	6	15	90
Servicio de Internet	3 meses	35	105
Alimentación	84	2,5	210
Servidor	4 meses	15	60
4. Personal			
Estudiante Investigador	300 horas	20	6000
Asesoría especializada	25 horas	20	500
5. Otros			
Imprevistos	1	300	200
Total	726	\$ 1917,56	\$ 8698,00

XIII. Conclusiones

La tecnología es una herramienta en la cual se ha enfocado en la ayuda al medio ambiente como uno de los principales pilares en varios proyectos, con la inteligencia artificial se ha generado un servicio inteligente que trabajara a favor de la industria alimenticia.

El servicio Inteligente esta creado para la ayuda en el objetivo de desarrollo sostenible número 12 de la Organización de las naciones unidas, con ello tenemos servicios REST, uno de los servicios utiliza una red neuronal recurrente LSTM con series temporales, la red neuronal esta entrenada con un conjunto de datos (dataset) generado con información de varias ventas de cada platillo dentro de un año, en el cual aprenderá con relación al tiempo para poder predecir futuras ventas, el sistema debe ser entrenado cada seis meses para así poder mejorar su análisis como también sus futuras predicciones, este servicio relaciona por número de semana de las 52 semanas que hay en el año y de los 7 días de la semana, agrupándolo en orden de ventas generando así una predicción con el objetivo de que el restaurante pueda ver los resultados solo por semana, los análisis y las predicciones se han enfocado por semana ayudando así a que el restaurante tenga un resultado enfocado al proceso logístico que en ello conlleva el comprado de los productos e ingredientes.

El servicio Inteligente tiene una sección para tratar de mitigar el problema del desperdicio de la comida no solo con la predicción de la cantidad de ventas que va a tener cada platillo, sino con relación a la cantidad de ingredientes que se va a utilizar dentro de la semana, para ello se utilizó la información de las recetas que tiene cada uno de los platillos, y también se utilizó el servicio de predicción de ventas para que con dicha información obtenida poder calcular los ingredientes, juntándolos para tratar de mitigar el desperdicio, con ello se obtuvo un documento en tipo pdf en el cual se enlisto todos los ingredientes que se van a utilizar en dicha semana, esto para ayuda del restaurante en el proceso logístico de la compra de ingredientes.

El uso de la tecnología como la inteligencia artificial en varias industrias ha sido un punto de inflexión, llamándolo también como la cuarta revolución industrial, estos servicios generados aportan varios beneficios a cada uno de los sectores dentro de las industrias, la generación de servicios que facilitarían el análisis para apoyo dentro de logísticas internas de cada una de las industrias han hecho que la inversión dentro de estas tecnologías sea fundamental para un crecimiento optimo o también para mantenerse a la vanguardia.

Este sistema ayudara a cualquier restaurante que necesite un análisis interno de sus ventas, varios restaurantes tienen sus propios análisis que basan su estimación en la venta que tuvieron la anterior semana, ellos al desconocer que pueden existir varios factores que dentro de una semana puedan llegar a afectar dicha estimación de cantidad de ventas y pueden tener una cantidad pequeña de ventas, pero en otra puede aumentar sus ventas, con este análisis interno pueden llegar a perder dinero al no haber estimado correctamente, calculando mal la cantidad apropiada de ingredientes, como la cantidad de platillos que pueden llegar a vender, con dicho análisis pierden dinero por no haber estimado la cantidad correcta de ingredientes como la cantidad correcta de platillos, o pueden perder dinero por el alto desperdicio de ingredientes dentro de la semana dejando en estado de putrefacción dichos ingredientes.

El servicio inteligente tiene como objetivo que el uso que tenga sea para poder ayudar con el problema de la producción, en la que se define como no saber si en tal día debe generar tal cantidad de platillos, o debe generar menos platillos, priorizando así los productos perecibles y la compra específica de ellos, para así minimizar el desperdicio de ingredientes, aportando con tecnología una solución a la contaminación ambiental.

XIV. Recomendaciones

El servicio inteligente tiene varias mejoras para poder desarrollarse, y así poder mejorar tanto la red neuronal como la generación de los documentos con los ingredientes de la semana.

En el dataset generado se puede tomar en cuenta eventos sociales importantes tomando en cuenta el sector dentro de la sucursal, así podría mejorar la predicción, por ejemplo, un evento deportivo como un partido de la selección del Ecuador puede influir mucho para que la cantidad de ventas dentro de un sector específico aumente o disminuya según sea el caso.

Se puede mejorar el documento de los ingredientes con una red neuronal de procesamiento de lenguaje natural, con ello las unidades de medida serían de mejor entendimiento, generándolo en gramos.

XV. Referencias

- Aggarwal, C. C. (2018). *Neural Networks and Deep Learning*. Springer International Publishing.
- Azuela, J. H. (2020). *El papel de la inteligencia artificial en la Industria 4.0*.
- Campeato, O. (2020). *Artificial Intelligence, Machine Learning, and Deep Learning*. Mercury Learning & Information.
- Catalán, C. E. (2004). *Series Temporales*. Laboratorio de Estadística. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC).
- Daniele, L. (10 de 11 de 2011). *Los restaurantes españoles tiran a la basura 63.000 toneladas de comida al año*. Obtenido de abc: https://www.abc.es/sociedad/abci-comida-restaurantes-201111100000_noticia.html
- Duan, Y. Y. (2016). *Travel time prediction with LSTM neural network*. international conference on intelligent transportation systems.
- Ethem Alpaydin, F. B. (2014). *Introduction to machine learning*. MIT Press.
- FAO, F. O. (2019). *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2019. Protegerse frente a la desaceleración y el debilitamiento de la economía*. Roma: ISBN 978-92-5-131600-9.
- Health, U. N. (11 de 11 de 2012). *National Cancer Institu*. Obtenido de Obtenido de Neurons & Glial Cells: <http://training.seer.cancer.gov/brain/tumors/anatomy/neurons.html>
- Hernandez, J. N. (2014). *Redes Neuronales, Bioinspiración para el Desarrollo de la Ingeniería*. ingeniare.
- Katajajuuri, J. M. (2014). Food waste in the Finnish food chain. *Journal of Cleaner Production*, 322-329.
- Krenker, A. B. (s.f.). *Introduction to the artificial neural networks*. 2011: Artificial Neural Networks: Methodological Advances and Biomedical Applications. InTech.
- National Geographic. (2020). ¿Cuánto cuesta desperdiciar los alimentos? *National Geographic*, 20.

Schwaber, K. &. (2002). *Agile software development with Scrum (Vol. 1)*. Upper Saddle River: Prentice Hall.

Zuluaga Ortiz, R. A. (2019). *Propuesta de un programa de producción más limpia como herramienta para la gestión ambiental en el restaurante*. Cartagena de Indias: Universidad Tecnológica de Bolívar.