



**FACULTAD
DE INGENIERIA**

Universidad de Buenos Aires

Inteligencia artificial para el control de calidad de fechas de caducidad

Autor:

Ing. Jorge Gonzalo, Cordo Yarvi

Director:

Ing. Andrés F. Brumovsky (FIUBA)

*Esta planificación fue realizada en el curso de Gestión de proyectos
entre el 5 de marzo de 2021 y el 22 de diciembre de 2021.*

Índice

Registros de cambios	3
Acta de constitución del proyecto.	4
Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar	5
Identificación y análisis de los interesados.	6
1. Propósito del proyecto.	6
2. Alcance del proyecto	6
3. Supuestos del proyecto.	6
4. Requerimientos	7
Historias de usuarios (<i>Product backlog</i>)	7
5. Entregables principales del proyecto	7
6. Desglose del trabajo en tareas	8
7. Diagrama de Activity On Node	9
8. Diagrama de Gantt.	9
9. Matriz de uso de recursos de materiales	11
10. Presupuesto detallado del proyecto	11
11. Matriz de asignación de responsabilidades	12
12. Gestión de riesgos.	12
13. Gestión de la calidad	13
14. Comunicación del proyecto	14
15. Gestión de compras.	15
16. Seguimiento y control.	15
17. Procesos de cierre.	16

Registros de cambios

Revisión	Detalles de los cambios realizados	Fecha
1.0	Creación del documento	05/03/2021
1.1	Modificación de los primeros 6 ítems	25/03/2021
1.2	Luego de hablar con el gerente del area se modifica la inspección a realizar.	26/03/2021
1.3	Modificación los primeros 8 ítems	08/04/2021

Acta de constitución del proyecto

Buenos Aires, 5 de marzo de 2021

Por medio de la presente se acuerda con el Ing. Ing. Jorge Gonzalo, Cordo Yarvi que su Trabajo Final de la Carrera de Especialización en Inteligencia Artificial se titulará “Inteligencia artificial para el control de calidad de fechas de caducidad”, consistirá esencialmente en el prototipo preliminar de un sistema de control de la correcta impresión de la fecha de caducidad en paquetes de bebida powerade/jugos cepita de la marca Coca-Cola, y tendrá un presupuesto preliminar estimado de 600 hs de trabajo y \$300000, con fecha de inicio 5 de marzo de 2021 y fecha de presentación pública 22 de diciembre de 2021.

Se adjunta a esta acta la planificación inicial.

Ariel Lutenberg
Director posgrado FIUBA

Mauricio Lodi
Andina Coca-Cola

Ing. Andrés F. Brumovsky
Director del Trabajo Final

Descripción técnica-conceptual del proyecto a realizar

En la fábrica de Coca-Cola es muy importante el control de calidad, dados los avances en la velocidad de las líneas de producción (actualmente se embotellan un millón de botellas en una de las líneas de producción en 24hs) muchos controles se realizan utilizando procesamiento de imágenes tradicionales. Estos controles funcionan muy bien pero son muy sensibles a pequeños cambios en las condiciones del entorno, como variaciones de luz, el color de la tapa de la botella, una pequeña suciedad en la lente, o que la botella tenga una pequeña variación en su altura, lo que genera falsos rechazos y tener que hacer cambios constantemente en los parámetros de calibración (en algunos casos se crea un formato por cada color de tapa, uno por cada sabor y por cada tamaño de botella).

La propuesta busca crear una solución efectiva utilizando algoritmos de inteligencia artificial para el control de calidad de botellas o paquetes, comenzado por realizar el control de la correcta impresión de la fecha de vencimiento en los paquetes de distintos formatos de bebidas como Cepita o Powerade.

Como se observa en el diagrama en bloques del sistema de la figura 1, se utilizará un sistema embebido optimizado para el uso de inteligencia artificial para procesar las imágenes tomadas por la cámara, creando en una primera etapa una base de datos para luego entrenar el sistema para determinar si la fecha de vencimiento cumple los estándares de calidad necesarios, enviado una señal de alerta o detención del proceso de producción si fuese necesario. Lo que se busca es que la fecha de vencimiento sea legible y que la misma sea correcta siendo 150 días o 180 días, según el producto.

El dispositivo se comunicará con el PLC (Controlador lógico programable) encargado del control del avance de paquetes, mediante las siguientes señales de estado:

- Operativo, (sin detección de paquetes mal etiquetados).
- Alarma (detección de un paquete con fecha de vencimiento no legible o incorrecta en los últimos 30 segundos).
- Fallo (detección de mas de un paquete con fecha de vencimiento no legible o incorrecta en los últimos 30 segundos).

El sistema debe funcionar con diferentes condiciones de iluminación durante el día y la noche y con deferentes formatos como por ejemplo jugos Cepita 500ml, 1,5l, Powerade 500ml y formatos similares.

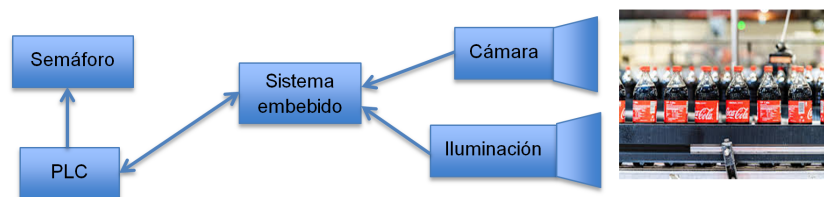


Figura 1. Diagrama en bloques del sistema

Identificación y análisis de los interesados

Rol	Nombre y Apellido	Organización	Puesto
Cliente	Mauricio Lodi	Andina Coca-Cola	Supervisor
Responsable	Ing. Jorge Gonzalo, Cordo Yarvi	UTN Frc	Alumno
Orientador	Ing. Andrés F. Bru-movsky	FIUBA	Director Trabajo final
Usuario final	Operadores de L23	Andina Coca-Cola	Operador

- Cliente: se encuentra de vacaciones regresa el 12/04/2021.
- Orientador: suele estar muy ocupado escribir con antelación.

1. Propósito del proyecto

El propósito de este proyecto es crear un control de calidad del proceso de impresión de la fecha de vencimiento de los paquetes de botellas de Cepita o Powerade, creando las bases para poder optimizar otros controles similares en un futuro.

2. Alcance del proyecto

El proyecto consta de una PC o sistema embebido, una cámara, un semáforo y un sistema de iluminación.

Se realizará el procesamiento de la imagen del paquete y tomara la decisión de si la fecha de vencimiento es correcta o no.

Se mostrara el resultado en un semáforo y transmitirá la señal por lógica de 24V hacia el PLC encargado del control del transporte. El proyecto no incluye la programación de la detención de la línea.

3. Supuestos del proyecto

Para el desarrollo del presente proyecto se supone que:

- El equipo estará en estado no productivo al menos una vez por semana.
- Se dispondrá de al menos dos horas diarias para trabajar en el proyecto.
- Se podrán utilizar de materiales y/o repuestos que no se estén utilizando en las líneas de producción como cámaras, luces LED, gabinetes, soportes etc.

4. Requerimientos

1. Grupo de requerimientos asociados con la toma de imágenes
 - 1.1. Debe ser capaz de reconocer si la fecha de vencimiento es legible y distinguir entre un paquete mal codificado de uno correcto.
 - 1.2. Debe detectar si la fecha de vencimiento es la correcta, por ejemplo si el producto tiene un vencimiento de 180 días debe sumarle los días a la fecha actual calcular la nueva fecha y corroborar si es la misma que se está imprimiendo.
 - 1.3. Cámara web con una resolución de al menos 720p y una velocidad de captura de 60fps, preferentemente con el sensor Sony IMX219, con una interfaz de conexión serial MIPI.
 - 1.4. Sistema de iluminación LED de alta intensidad con un consumo de 24W, alimentación de 24v, lentes con foco en 50 grados, color de luz entre los 5500k 7000k, 1300 lúmenes y protección IP67.
 - 1.5. Gabinete metálico preferentemente de acero inoxidable con un grado de protección IP65 de al menos 50cm de ancho, 70cm alto x 30 cm de profundidad.
2. Grupo de requerimientos asociados con procesamiento de imágenes
 - 2.1. Debe ser capaz de procesar si el paquete es correcto o no sin detener la línea de producción.
 - 2.2. PC con un procesador con tarjeta gráfica integrada como el AMD Ryzen 5 3400G o similar, placa madre ITX compatible con el procesador, 8gb de memoria RAM, Fuente Evga 500w Reales 80 Plus 500 W o similar.
 - 2.3. Fuente monofásica Siemens 24v, 10A, modelo sitop.
 - 2.4. Placa de interfaz y adaptación de tensión para la comunicación PC-PLC(Maquina).
 - 2.5. Router TP-Link Archer C7 o similar, cables de red ftp cat 6.

Historias de usuarios (*Product backlog*)

Como operador quiero no tener que volver a controlar si la fecha de vencimiento es legible o es correcta, así poder dedicarme a otras actividades.

Como supervisor no quiero que la producción se detenga.

Como supervisor de calidad quiero que la fecha de caducidad sea legible y que sea la correcta.

Como supervisor de mantenimiento quiero que el equipo funcione sin fallas.

5. Entregables principales del proyecto

- Manual de uso.
- Diagrama esquemático de la conexión eléctrica.
- Respaldo de la memoria de la PC como imagen de formato .iso.
- Diagrama de componentes.
- Informe final.

6. Desglose del trabajo en tareas

1. Desarrollo del proyecto

- 1.1. Búsqueda de proyecto (12 h)
- 1.2. Análisis de viabilidad (10 h)
- 1.3. Análisis de materiales necesarios y disponibles (12 h)
- 1.4. Redacción de la planilla de planificación 1-6 (16 h)
- 1.5. Corrección de la planilla de (10 h)
- 1.6. Planteo de la propuesta a la empresa (4 h)
- 1.7. Cambio de propuesta redacción de planilla 1-8 (20 h)
- 1.8. Redacción de la planilla de planificación 8-17 (20 h)
- 1.9. Corrección de la planilla de planificación (10 h)
- 1.10. Preparar propuesta (6 h)
- 1.11. Presentación de la propuesta(hito)

2. Preparativos y desarrollo de prototipo

- 2.1. Búsqueda o compra de materiales necesarios (10 h)
- 2.2. Montaje de gabinete y sistema de iluminación (12 h)
- 2.3. Montaje de componentes internos PC fuentes y conexiones internas (10 h)
- 2.4. Conexión de alimentación externa (6 h)
- 2.5. Puesta a punto del primer prototipo (10 h)
- 2.6. Captura de las primeras imágenes(hito)
- 2.7. Captura de imágenes de muestra de distintos formatos de cepita(20 h)
- 2.8. Captura de imágenes de muestra de distintos formatos de powerade(20 h)
- 2.9. Conexión de semáforo (6h)
- 2.10. Diseño de placa de adaptación de tensiones (20 h)
- 2.11. Corrección entre prototipo y PLC (10 h)

3. Capacitación sobre conocimientos necesarios

- 3.1. Instalación de software como linux, Texmaker y otros (6 h)
- 3.2. Capacitación en el uso control de versiones con Git (6 h)
- 3.3. Análisis de librerías a utilizar (20 hs)
- 3.4. Evaluación de técnicas de centrado de imágenes con IA (20 h)
- 3.5. Evaluación de técnicas de procesamiento de imágenes (20 h)
- 3.6. Análisis de algoritmos y técnicas de clasificación con IA (20 h)
- 3.7. Análisis de algoritmos y técnicas de clasificación con IA (20 h)
- 3.8. Elegir algoritmos(12 h)

4. Pruebas y análisis de datos

- 4.1. Preparar set de datos (30 h)
- 4.2. Preprocesamiento de imágenes tomadas (15 h)

- 4.3. Multiplicación del set de datos cambiando condiciones de iluminación y tonalidad en las imágenes (20 h)
- 4.4. Funcionamiento de algoritmo de clasificación (20 h)
5. Implementación y correcciones finales
 - 5.1. Pruebas con línea en producción y evaluación de resultados del sistema (25 h)
 - 5.2. Corrección de errores (20 h)
 - 5.3. Generación de informe preliminar (16 h)
 - 5.4. Capacitación de operadores (16 h)
 - 5.5. Desarrollo del manual de usuario (20 h)
6. Escritura de la memoria técnica
 - 6.1. Realización capítulos 1 al 3 la memoria técnica (40 h)
 - 6.2. Corrección de la memoria técnica (18 h)
 - 6.3. Realización capítulos 4 al 5 la memoria técnica (40 h)
 - 6.4. Corrección de la memoria técnica (18 h)
 - 6.5. Preparación de la defensa publica (10 h)
 - 6.6. Defensa publica (4 h)

Cantidad total de horas: (660 h)

7. Diagrama de Activity On Node

En la figura 2 podemos observar el diagrama de *Activity on Node* en el cual la unidad de tiempo t esta expresada en semanas y las flechas más gruesas indican el camino crítico.

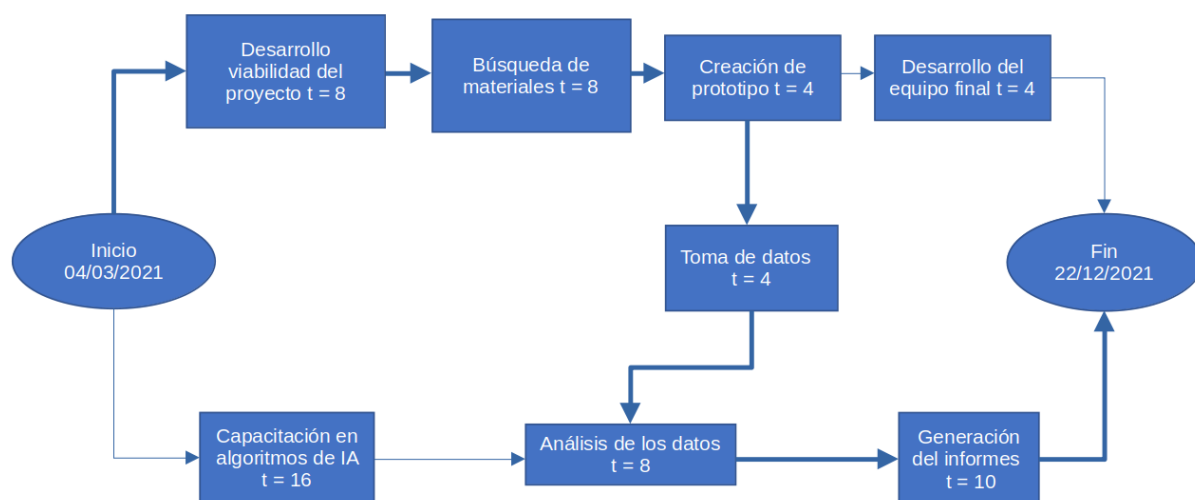


Figura 2. Diagrama en *Activity on Node*

8. Diagrama de Gantt



Figura 3. Diagrama de *gantt*

9. Matriz de uso de recursos de materiales

Código WBS	Nombre tarea	Recursos requeridos (horas)			
		Computadora	Prototipo	Placa de video	Herramientas
1	Desarrollo del proyecto	80h			
2	Preparativos y desarrollo de prototipo	40h	20h		20h
3	Capacitación sobre conocimientos necesarios	80h	10h	20h	
4	Pruebas y análisis de datos	40h	20h	40h	10h
5	Implementación y correcciones finales	40h			10h
6	Escritura de la memoria técnica	80h			

10. Presupuesto detallado del proyecto

COSTOS DIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
Prototipo	1	150000\$	150000\$
Gabinete	1	60000\$	60000\$
Borneras cables	1	20000\$	20000\$
Cámara	1	45000\$	45000\$
Servicios en la nube	1	25000\$	25000\$
660 Hs Hombre	660	660\$	396000\$
SUBTOTAL			696000\$
COSTOS INDIRECTOS			
Descripción	Cantidad	Valor unitario	Valor total
30 de los Costos Directos	1	1	243600\$
SUBTOTAL			243600\$
TOTAL			939600\$

11. Matriz de asignación de responsabilidades

Código WBS	Nombre de la tarea	Listar todos los nombres y roles del proyecto			
		Responsable	Orientador	Equipo	Cliente
		Ing. Gonzalo, Cordo	Ing. Andrés F. Brumovsky	Operadores	Mauricio Lodi
1	Desarrollo del proyecto	P	A	I	A
2	Preparativos y desarrollo de prototipo	P	C	-	S
3	Capacitación sobre conocimientos necesarios	P	C	-	-
1	Pruebas y análisis de datos	P	C	I	C
2	Implementación y correcciones finales	P	A	A	C
3	Escritura de la memoria técnica	P	A	A	A

Referencias:

- P = Responsabilidad Primaria
- S = Responsabilidad Secundaria
- A = Aprobación
- I = Informado
- C = Consultado

12. Gestión de riesgos

a) Identificación de los riesgos y estimación de sus consecuencias:

Riesgo 1: no lograr capturar imágenes nítidas y centradas

- Severidad (5): no conseguir una base de datos uniforme va a demorar el proceso procesado de las imágenes para su posterior utilización en el entrenamiento de las redes neuronales.
- Probabilidad de ocurrencia (3): se espera que con la correcta instalación de la iluminación y con la posibilidad de cambiar la cámara por una de mayor velocidad de obturación se va a lograr conseguir una buena calidad de imagen.

Riesgo 2: demoras en la adquisición de componentes electrónicos necesarios

- Severidad (5): no tener un prototipo listo en el tiempo planificado va a demorar el proyecto al no tener una base de datos de las imágenes necesarias para la realización del proyecto
- Ocurrencia (5): los procesos de compras en la empresa suelen demorar al tener que ser aprobados por el departamento de compras

Riesgo 3: falta de tiempo disponible para la realización del proyecto

- Severidad (4): puede demorar la fecha de entrega.
- Ocurrencia (6): al ser realizado por una sola persona que también realiza otras tareas

Riesgo 4: error en el cálculo de poder de procesamiento necesario

- Severidad (2): al no poder realizar el procesamiento de la base de datos con el hardware disponible se deberá comprar un nuevo hardware demorando los tiempos planificados.

- Ocurrencia (2): la probabilidad es baja debido a que se analizaron otros proyectos que logran procesar imágenes con un hardware similar.

Riesgo 5: Protección contra el polvo y agua deficientes.

- Severidad (8): con el polvo o agua los componentes electrónicos pueden dañarse teniendo que volver a comprarlos
- Ocurrencia (2): al ser un gabinete con un nivel de protección ip65 no debería permitir el paso de agua o polvo

b) Tabla de gestión de riesgos: (El RPN se calcula como $RPN=S \times O$)

Riesgo	S	O	RPN	S*	O*	RPN*
Imágenes nítidas y centradas	5	3	15			15
Demora de componentes	5	5	25	3*	5*	15*
Falta de tiempo disponible	4	6	24	3*	5*	15*
Falta de poder de procesamiento	3	2	6			6
Protección contra el polvo y agua	8	2	16			16

Criterio adoptado: Se tomarán medidas de mitigación en los riesgos cuyos números de RPN sean mayores a 16.

Nota: los valores marcados con (*) en la tabla corresponden luego de haber aplicado la mitigación.

c) Plan de mitigación de los riesgos que originalmente excedían el RPN máximo establecido:

Riesgo 2: se comenzara trabajando con hardware ya disponible para poder avanzar mientras se aprueba la compra de los componentes necesarios.

- Severidad (3*): la demora en la compra de componentes ya no impacta directamente en los tiempos de entrega.
- Probabilidad de ocurrencia (5): se mantiene la probabilidad de ocurrencia.

Riesgo 3: se destinara todo el tiempo disponible, planificarán las tareas y solicitará ayuda en caso de ser necesario.

- Severidad (3*): al optimizar el tiempo de trabajo se reducen los tiempos de entrega.
- Probabilidad de ocurrencia (5*): disminuye la probabilidad de ocurrencia.

13. Gestión de la calidad

Debe ser capaz de procesar si el paquete es correcto o no sin detener la línea de producción.

Para cada uno de los requerimientos del proyecto indique:

- Req #1: El dispositivo debe ser capaz de reconocer si la fecha de vencimiento es legible y distinguir entre un paquete mal codificado de uno correcto.

Verificación y validación:

- Verificación: se debe observar que el dispositivo identifique que la fecha de vencimiento es ilegible o está mal codificado
- Validación: se colocaran paquetes bien y mal codificados corroborando que estos sean correctamente clasificados, se dejará operativo el sistema por más de 24hs corroborando que funcione correctamente.

- Req #2: Debe detectar si la fecha de caducidad es la correcta, por ejemplo si el producto tiene un vencimiento de 180 días debe sumarle los días a la fecha actual calcular la nueva fecha y corroborar si es la misma que se está imprimiendo.

Verificación y validación:

- Verificación: se debe observar que el dispositivo controle que la fecha de caducidad es correcta, distinguiendo entre una fecha errónea de una correcta.
- Validación: se forzará una fecha de caducidad errónea y comprobará que el paquete sea clasificado como mal codificado.

- Req #3: Debe ser capaz de procesar si el paquete es correcto o no sin detener la línea de producción.

Verificación y validación:

- Verificación: Se deben controlar los paquetes a la misma velocidad a la que se producen.
- Validación: Se observa que el tiempo de procesamiento de cada paquete sea menor al tiempo de producción del mismo en todos los casos de funcionamiento.

14. Comunicación del proyecto

El plan de comunicación del proyecto es el siguiente:

PLAN DE COMUNICACIÓN DEL PROYECTO					
¿Qué comunicar?	Audiencia	Propósito	Frecuencia	Método de comunicac.	Responsable
Avances del proyecto	Director (Ing. Andrés F. Brumovsky)	Seguimiento del proyecto, reporte de problemas y solución de los mismos	Cada 15 días	Correo electrónico	Ing. Jorge Gonzalo, Cordo Yarvi
Informe de avances de tareas	Director (Ing. Andrés F. Brumovsky)	Informar el estado de las tareas y posibles complicaciones	Por cada tarea	Correo electrónico	Ing. Jorge Gonzalo, Cordo Yarvi
Presentación de trabajo final	Director, Jurado	Exposición del trabajo realizado	Al finalizar el proyecto	Exposición pública	Ing. Jorge Gonzalo, Cordo Yarvi

15. Gestión de compras

En caso de tener que comprar elementos o contratar servicios: a) Explique con qué criterios elegiría a un proveedor. b) Redacte el Statement of Work correspondiente.

16. Seguimiento y control

Para cada tarea del proyecto establecer la frecuencia y los indicadores con los se seguirá su avance y quién será el responsable de hacer dicho seguimiento y a quién debe comunicarse la situación (en concordancia con el Plan de Comunicación del proyecto).

El indicador de avance tiene que ser algo medible, mejor incluso si se puede medir en % de avance. Por ejemplo, se pueden indicar en esta columna cosas como “cantidad de conexiones ruteadas” o “cantidad de funciones implementadas”, pero no algo genérico y ambiguo como “%”, porque el lector no sabe porcentaje de qué cosa.

- Desarrollo del proyecto
 - Búsqueda de proyecto (12 h)
 - Análisis de viabilidad (10 h)
 - Análisis de materiales necesarios y disponibles (12 h)
 - Redacción de la planilla de planificación 1-6 (16 h)
 - Corrección de la planilla de (10 h)
 - Planteo de la propuesta a la empresa (4 h)
 - Cambio de propuesta redacción de planilla 1-8 (20 h)
 - Redacción de la planilla de planificación 8-17 (20 h)
 - Corrección de la planilla de planificación (10 h)
 - Preparar propuesta (6 h)
 - Presentación de la propuesta (hito)
- Preparativos y desarrollo de prototipo
 - Búsqueda o compra de materiales necesarios (10 h)
 - Montaje de gabinete y sistema de iluminación (12 h)
 - Montaje de componentes internos PC fuentes y conexiones internas (10 h)
 - Conexión de alimentación externa (6 h)
 - Puesta a punto del primer prototipo (10 h)
 - Captura de las primeras imágenes (hito)
 - Captura de imágenes de muestra de distintos formatos de cepita (20 h)
 - Captura de imágenes de muestra de distintos formatos de powerade (20 h)
 - Conexión de semáforo (6h)
 - Diseño de placa de adaptación de tensiones (20 h)
 - Corrección entre prototipo y PLC (10 h)
- Capacitación sobre conocimientos necesarios
 - Instalación de software como linux, Texmaker y otros (6 h)
 - Capacitación en el uso control de versiones con Git (6 h)
 - Evaluación de técnicas de centrado de imágenes con IA (20 h)
 - Evaluación de técnicas de procesamiento de imágenes (20 h)
 - Análisis de algoritmos y técnicas de clasificación con IA (20 h)
 - Análisis

de algoritmos y técnicas de clasificación con IA (20 h) 3.8. Elegir algoritmos(12 h) 4. Pruebas y análisis de datos 4.1. Preparar set de datos (30 h) 4.2. Preprocesamiento de imágenes tomadas (15 h) 4.3. Multiplicación del set de datos cambiando condiciones de iluminación y tonalidad en las imágenes (20 h) 4.4. Funcionamiento de algoritmo de clasificación (20 h) 5. Implementación y correcciones finales 5.2. Corrección de errores (20 h) 5.3. Generación de informe preliminar(16 h) 5.4. Capacitación de operadores (16 h) 5.5. Desarrollo del manual de usuario (20 h) 6. Escritura de la memoria técnica 6.2. Corrección de la memoria técnica (18 h) 6.4. Corrección de la memoria técnica (18 h) 6.5. Preparación de la defensa publica (10 h) 6.6. Defensa publica (4 h)

SEGUIMIENTO DE AVANCE					
Tarea del WBS	Indicador de avance	Frecuencia de reporte	Resp. de seguimiento	Persona a ser informada	Método de comunic.
1	5 de marzo de 2021	Semanal mientras dure la tarea	Ing. Jorge Gonzalo, Cordo Yarvi	Mauricio Lodi, Ing. Andrés F. Brumovsky	email
2.1	Avance de las subta-reas	Mensual mientras dure la tarea	Ing. Jorge Gonzalo, Cordo Yarvi	Mauricio Lodi, Ing. Andrés F. Brumovsky	email

SEGUIMIENTO DE AVANCE					
Tarea del WBS	Indicador de avance	Frecuencia de reporte	Resp. de seguimiento	Persona a ser informada	Método de comunic.

17. Procesos de cierre

Establecer las pautas de trabajo para realizar una reunión final de evaluación del proyecto, tal que contemple las siguientes actividades:

- Pautas de trabajo que se seguirán para analizar si se respetó el Plan de Proyecto original: - Indicar quién se ocupará de hacer esto y cuál será el procedimiento a aplicar.
- Identificación de las técnicas y procedimientos útiles e inútiles que se utilizaron, y los problemas que surgieron y cómo se solucionaron: - Indicar quién se ocupará de hacer esto y cuál será el procedimiento para dejar registro.
- Indicar quién organizará el acto de agradecimiento a todos los interesados, y en especial al equipo de trabajo y colaboradores: - Indicar esto y quién financiará los gastos correspondientes.