

2.^a edición

PROGRAMA INTERNACIONAL

VIRTUAL DESIGN & CONSTRUCTION

Presentación del Trabajo de Implementación VDC

Marzo a Diciembre de 2020

Un programa de:

Stanford
Center for
Professional
Development

En colaboración con:



UNIVERSIDAD
DE LIMA

VDC en la implementación de un modelo de inteligencia artificial para la supervisión remota de obra CEBUL al 65% de desarrollo

Mónica Vergara Olivera

Jefe de Prácticas y Asistente de Investigación

Universidad de Lima

Mentores: Justo Cabrera, Carlos Jurado



Stanford | Center for
Professional Development



UNIVERSIDAD
DE LIMA

Título: VDC en la implementación de un modelo de inteligencia artificial para la supervisión remota de obra CEBUL al 65% de desarrollo

Autor: Mónica Vergara Olivera

Año de publicación: 2020

Resumen: Trabajo de Implementación VDC en un proyecto de investigación donde se desarrolla un modelo de Inteligencia Artificial tomando como referencia el Centro de Bienestar Universitario.

Palabras clave: VDC, Inteligencia Artificial, Seguimiento de obra, Investigación, BIM, ICE, PPM

Nota: Presentación realizada como parte del Programa VDC 2020 del Stanford Center for Professional Development en colaboración con la Universidad de Lima.

Índice

1. Resumen del Proyecto
2. Resumen de la Implementación VDC
3. Descripción detallada de la aplicación VDC
4. Relación entre las métricas y factores controlables de la aplicación VDC
5. Resultados de las métricas y factores controlables ICE
6. Resultados de las métricas y factores controlables BIM
7. Resultados de las métricas y factores controlables PPM
8. Proceso final basado en VDC con métricas
9. Conclusiones y Reflexiones
10. Recomendaciones para otros proyectos
11. Conclusión Final

Resumen del Proyecto

- El siguiente proyecto tienen como objetivo entregar un proyecto de investigación y artículo científico donde se desarrolle un modelo de Inteligencia Artificial tomando como referencia el Centro de Bienestar Universitario. Se aplicará visión computacional para detectar personas y maquinaria en obra, e identificar el avance de la estructura comparando el BIM 4D con las imágenes de obra. Esta información será de utilidad para la supervisión del avance de obra por parte de la Oficina de Infraestructura y la constructora. El proyecto tiene como duración 1 año



Resumen de la Implementación VDC

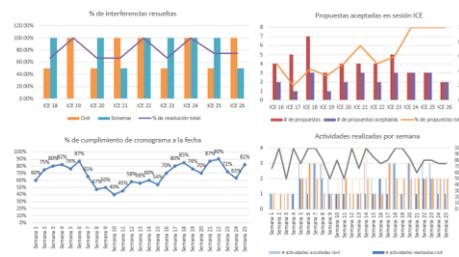
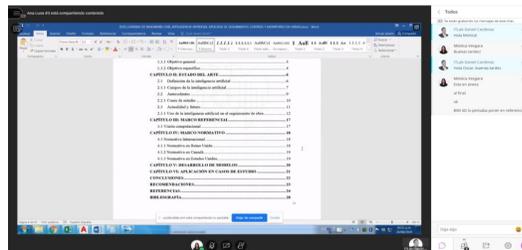
Cliente: Carrera de ingeniería civil.

Entregar un proyecto de investigación y artículo científico donde se desarrolle una IA tomando como referencia el Centro de Bienestar Universitario. Se aplicará visión computacional para detectar personas y maquinaria en obra, e identificar el avance de la estructura comparando el BIM 4D con las imágenes de obra. Esta información será de utilidad para la supervisión del avance de obra por parte de la Oficina de Infraestructura y la constructora. El proyecto tiene como duración 1 año.

Respetar los tiempos de las etapas de desarrollo de la inteligencia artificial según el cronograma de la investigación y el cronograma de obra (BIM 4D)

Desarrollo de un modelo de Inteligencia artificial que evalúe automáticamente el avance de obra, mediante un proyecto de investigación

Desarrollar la IA que determine el porcentaje de discrepancia entre imágenes obtenidas de la obra en progreso y el modelo BIM 4D semanal, dentro del plazo de investigación (marzo 2021)



Contar con la participación del equipo de trabajo en sesiones ICE para definir plan de trabajo semanal, se tomen decisiones y resuelvan dudas e interferencias.

Controlar el avance de las actividades programadas dentro de los rangos establecidos, cumpliendo con las actividades semanales en un 90%.

Descripción detallada de a aplicación VDC

Objetivo de la aplicación de VDC

*Cumplir con los hitos de investigación y reducir los tiempos de entregas parciales hasta el final de la investigación en marzo 2021.
Seguimiento del cronograma del desarrollo del modelo de IA y las etapas de desarrollo.
Mantener la producción de información al día.*

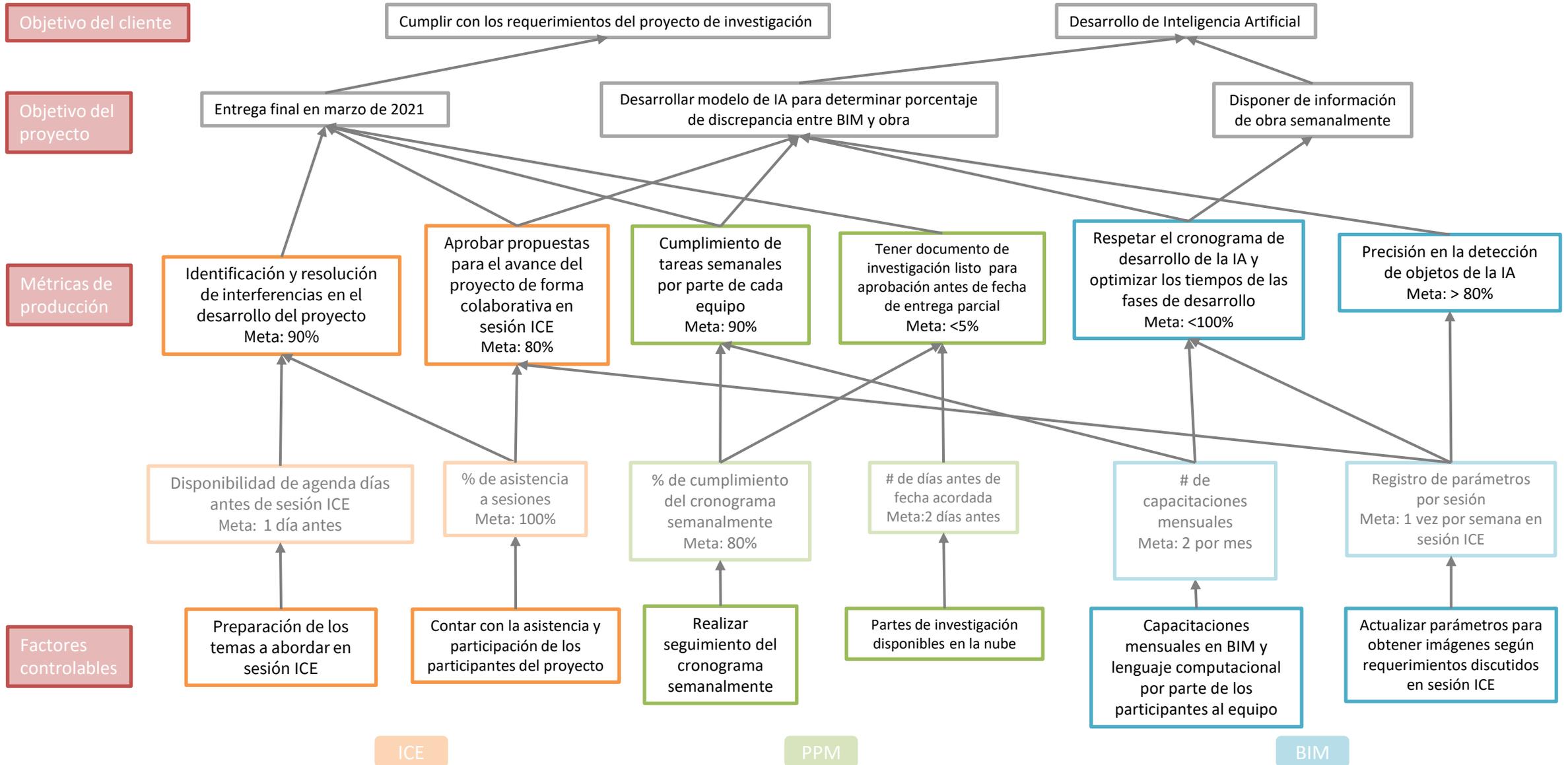
ICE	Objetivo	Métrica	Meta
I-01	Identificación y resolución de interferencias en el desarrollo del proyecto	$\frac{\# \text{ de interferencias resueltas}}{\# \text{ de interferencias encontradas}}$	Alto: 100-90% Aceptable: 89-60% Bajo: 59-0%
I-02	Aprobar propuestas para el avance del proyecto de forma colaborativa en sesión ICE	$\frac{\# \text{ de propuestas aceptadas}}{\# \text{ de propuestas presentadas en sesión}}$	Alto: 100-80% Aceptable: 79-60% Bajo: 59-0%
I-01	Preparación de los temas a abordar en sesión ICE	# de días antes de la sesión ICE en los que se tiene disponible la agenda	1 día antes
I-02	Contar con la asistencia y participación de los participantes del proyecto	% de asistencia a sesiones	100%

Descripción detallada de a aplicación VDC

	BIM	Objetivo	Métrica	Meta
B-01	Métricas de Producción	Respetar el cronograma de desarrollo de la IA y optimizar los tiempos de las fases de desarrollo	$\frac{\# \text{ días trabajados}}{\# \text{ días programados}}$	< 100%
B-02		Precisión en la detección de objetos de la IA	$\frac{\text{área de traslape}}{\text{área de unión}}$	> 80%
B-01	Factores Controlables	Capacitaciones mensuales en BIM y lenguaje computacional por parte de los participantes al equipo	# de capacitaciones mensuales	2 por mes
B-02		Actualizar parámetros para obtener imágenes según requerimientos discutidos en sesión ICE	Registro de parámetros por sesión (se actualizaron o mantuvieron)	1 vez por semana en sesión ICE

	PPM	Objetivo	Métrica	Meta
P-01	Métricas de Producción	Cumplimiento de tareas semanales por parte de cada equipo	$\frac{\# \text{ de actividades cumplidas}}{\# \text{ de actividades programadas}}$	Alto: 100-90% Aceptable: 89-60% Bajo: 59-0%
P-02		Tener documento de investigación listo para aprobación antes de fecha de entrega parcial	$\frac{\text{Tiempo reducido}}{\text{Tiempo programado}}$	< 5%
P-01	Factores Controlables	Realizar seguimiento del cronograma semanalmente	% de cumplimiento del cronograma semanalmente	80%
P-02		Partes de investigación disponibles en la nube	# de días antes de fecha acordada	2 días

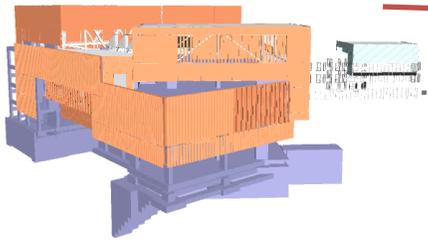
Relación de las métricas y factores controlables de la aplicación VDC



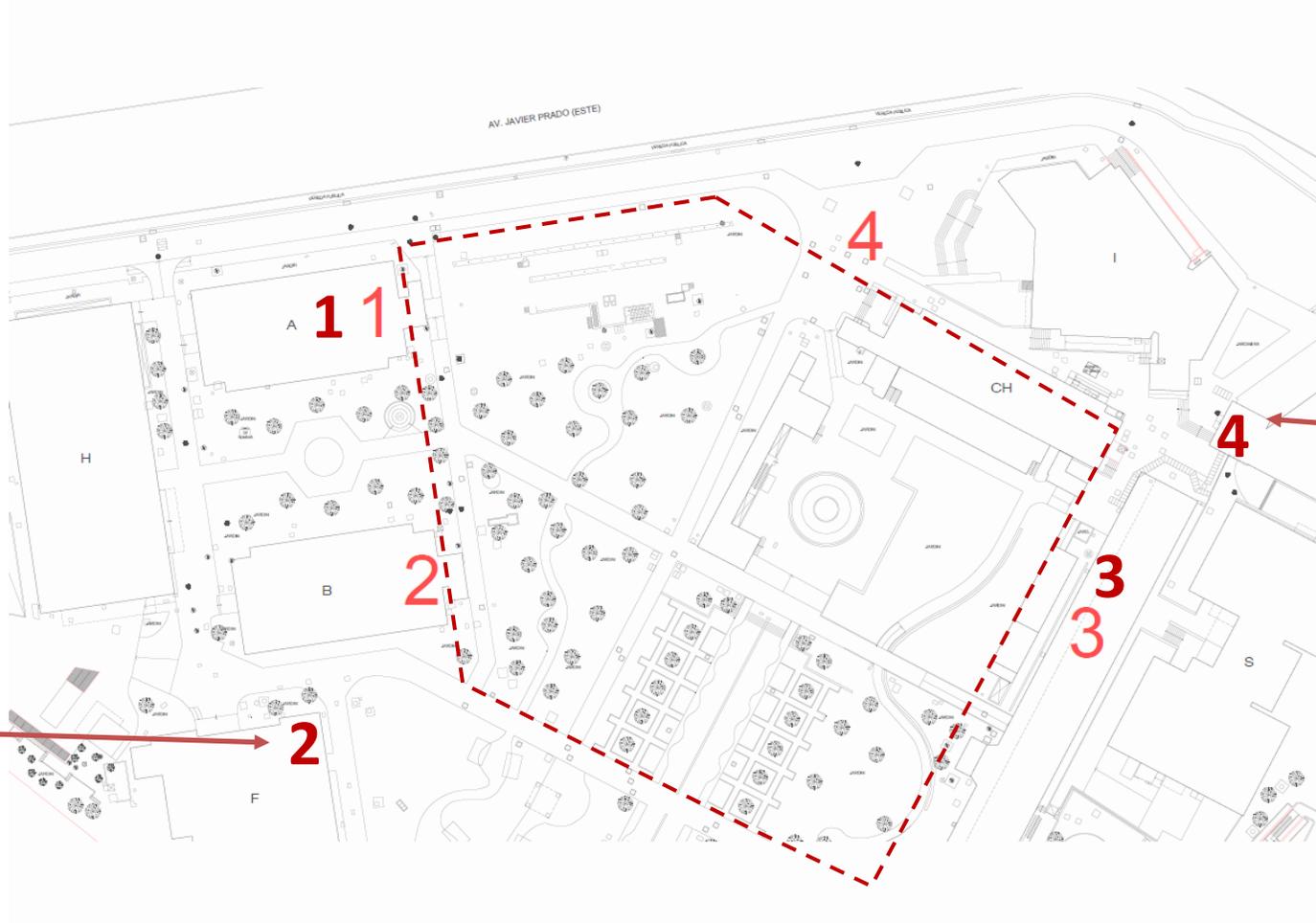
Ubicación de cámaras en pabellones



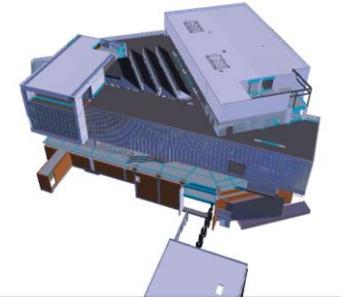
Cámara 2: Pabellón D3 (F)



Vista 1 en Naviswork

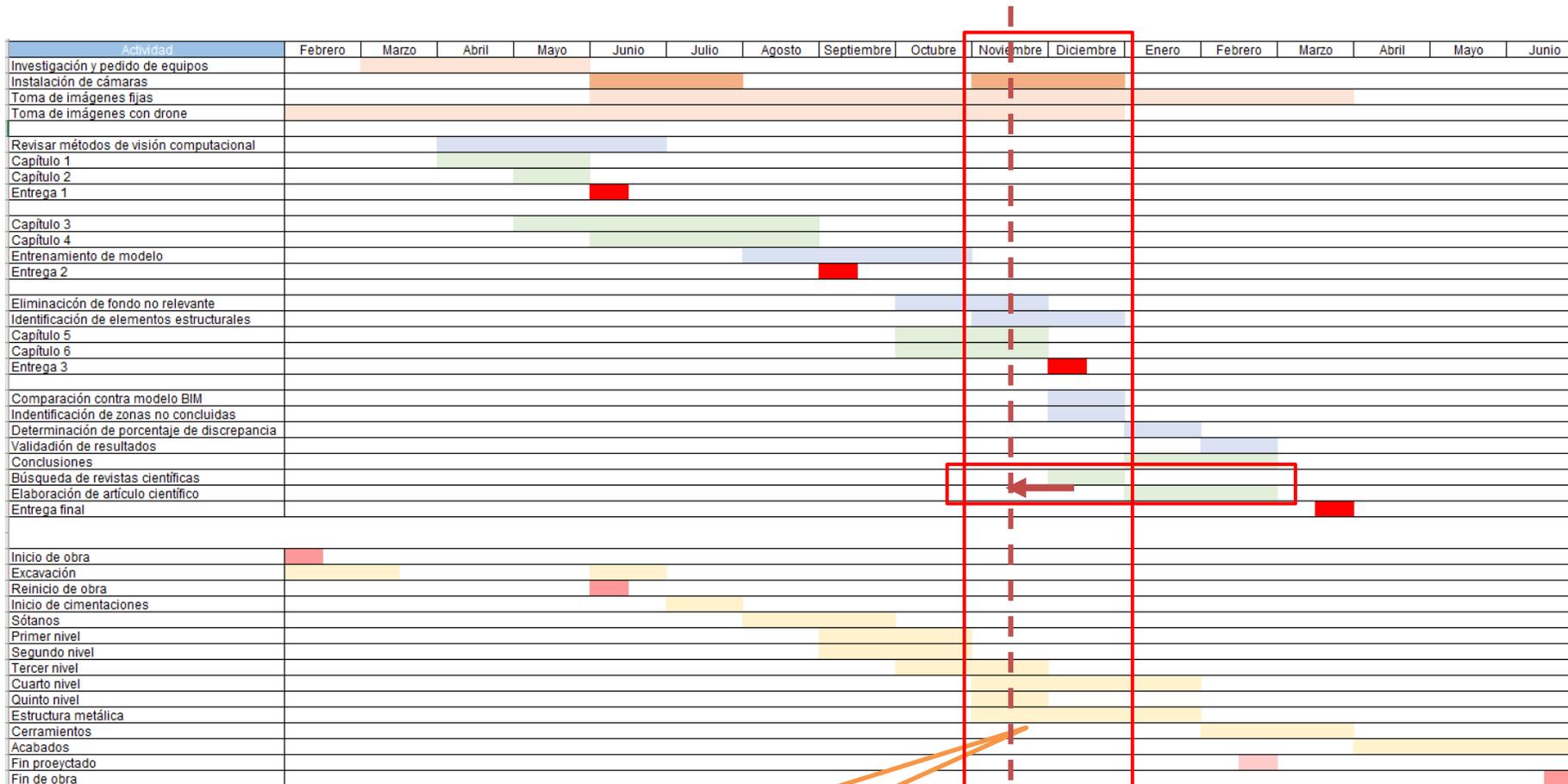


Cámara 4: Pabellón H (Q)



Vista 4 en Naviswork

Cronograma



Se utilizará esta etapa para finalizar la identificación de fondo con imágenes de cámaras fijas y la identificación elementos estructurales

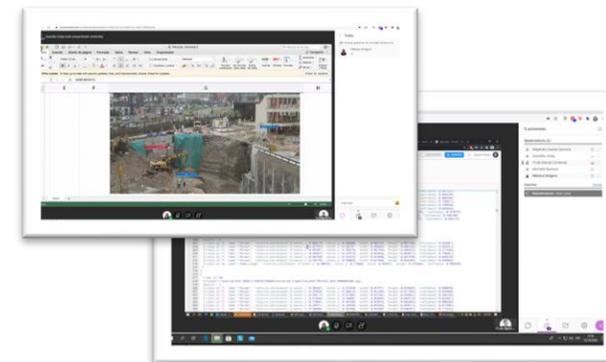
Documentos de investigación



Reporte trimestral

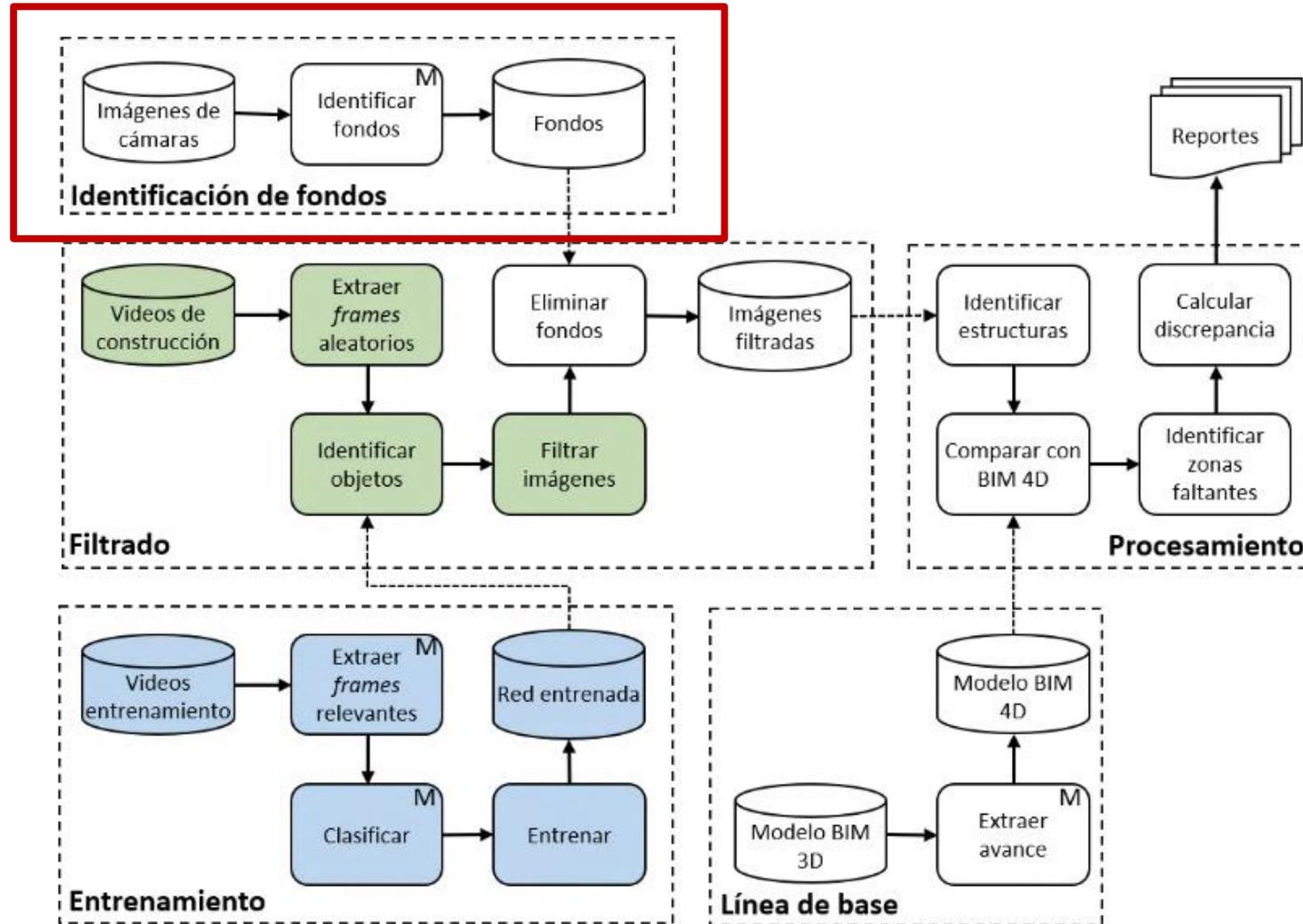


Artículo científico

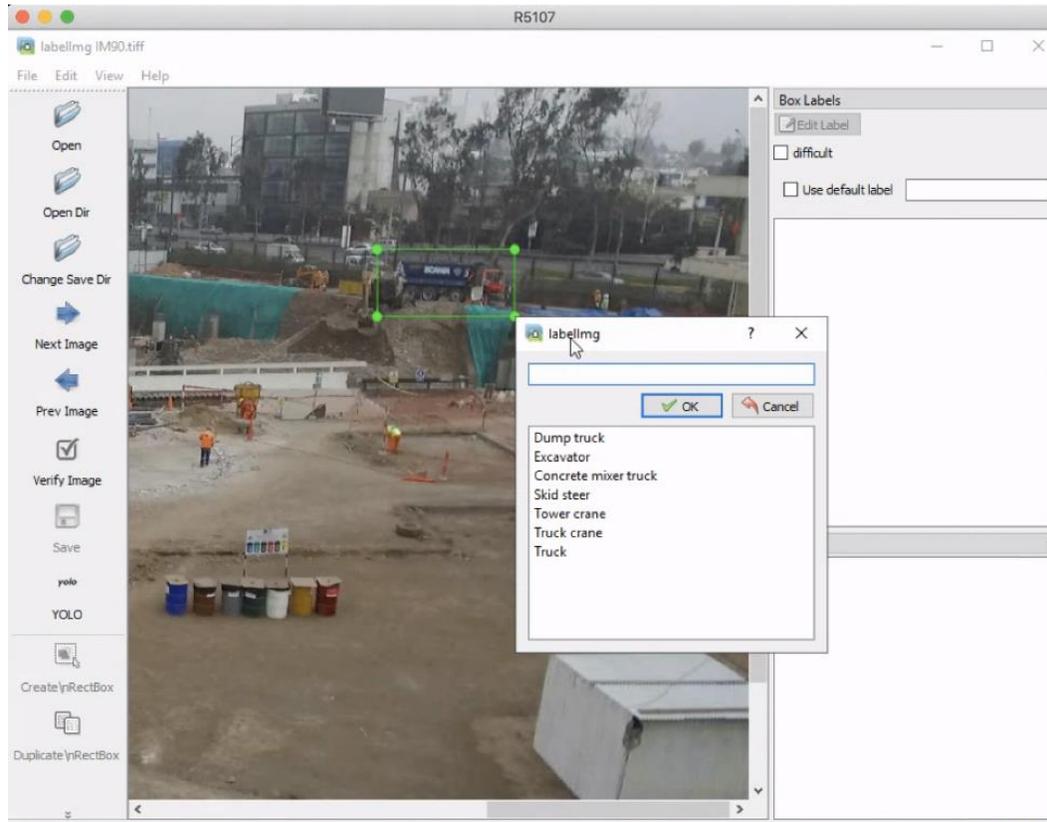


Modelo de inteligencia artificial

Etapas de desarrollo de IA



Entrenamiento en reconocimiento de imágenes

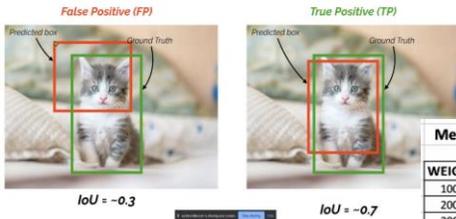


Camión volquete	
Excavadora	
Camión mezcladora de concreto	
Minicargador	
Torre grúa	
Camión grúa	

Filtrado de imágenes



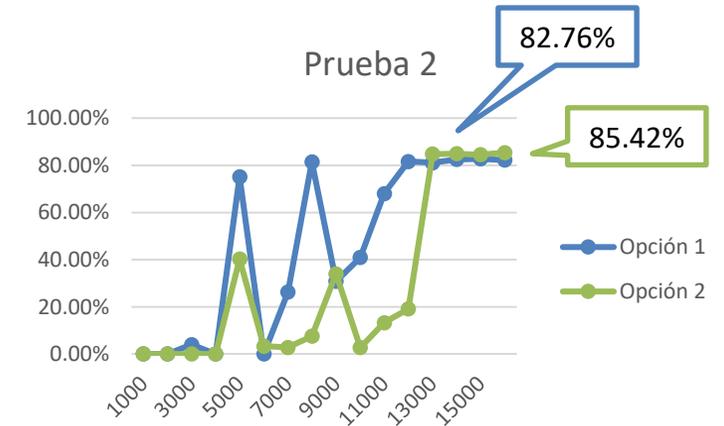
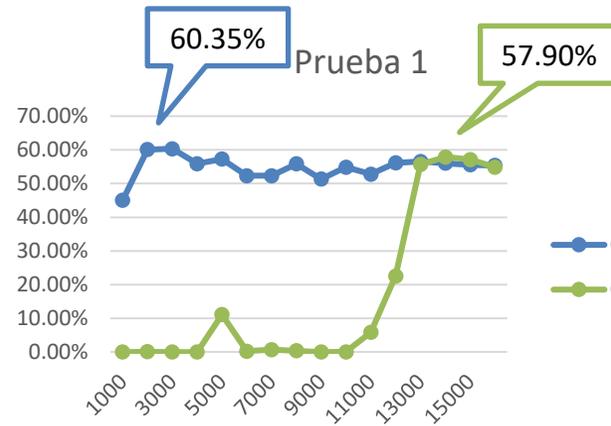
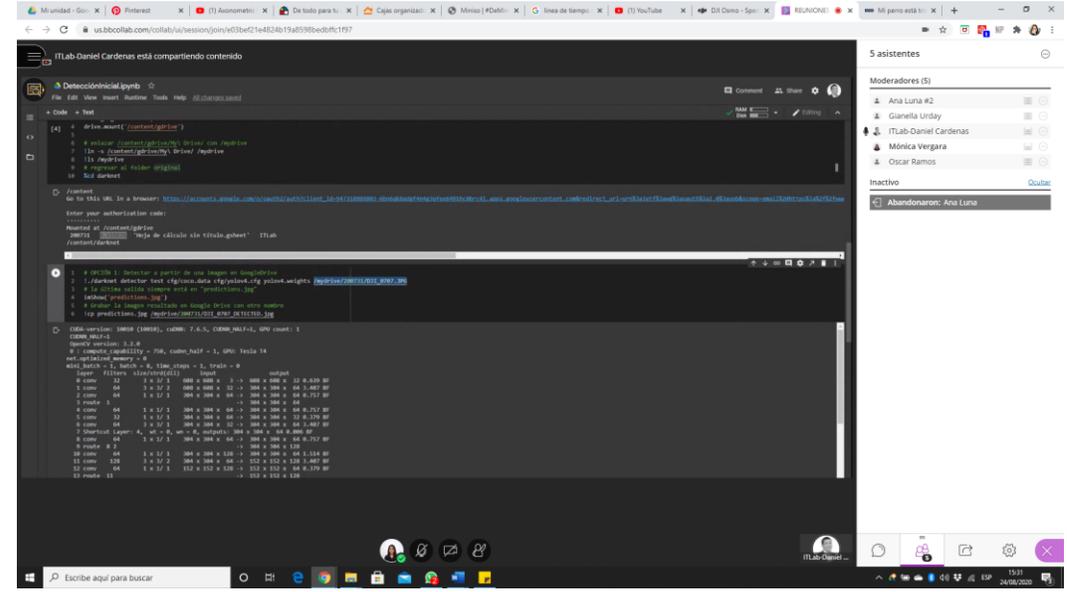
If IoU threshold = 0.5



Mean Average Precision			Mean Average Precision NEW		
WEIGHT	IoU = 50%	IoU = 75%	WEIGHT	IoU = 50%	IoU = 75%
1000	45.04%	6.19%	1000	nan%	nan%
2000	60.10%	16.50%	2000	0.00%	nan%
3000	60.35%	16.80%	3000	0.04%	0.00%
4000	55.88%	18.64%	4000	0.00%	0.00%
5000	57.27%	14.48%	5000	75.15%	16.80%
6000	52.31%	14.44%	6000	0.00%	0.00%
7000	52.31%	15.12%	7000	26.30%	5.85%
8000	55.87%	11.43%	8000	81.54%	33.22%
9000	51.33%	15.67%	9000	30.81%	3.86%
10000	54.85%	15.31%	10000	40.91%	9.85%
11000	52.81%	17.20%	11000	68.07%	17.14%
12000	56.13%	14.50%	12000	81.65%	27.80%
13000	56.56%	18.63%	13000	81.12%	36.22%
14000	56.02%	19.44%	14000	82.51%	37.69%
15000	55.56%	18.35%	15000	82.76%	40.48%
16000	55.37%	18.41%	16000	82.24%	40.57%
final	55.37%	18.41%	final	82.24%	40.57%
last	55.37%	18.41%	last	82.24%	40.57%

IoU 50%	WEIGHT	%	IoU 50%	WEIGHT	%
MAX	3000	60.35%	MAX	15000	82.76%
MN	1000	45.04%	MN	1000	nan%

IoU 50%	WEIGHT	%	IoU 50%	WEIGHT	%
MAX	14000	19.44%	MAX	16000	40.57%
MN	1000	6.19%	MN	1000	nan%

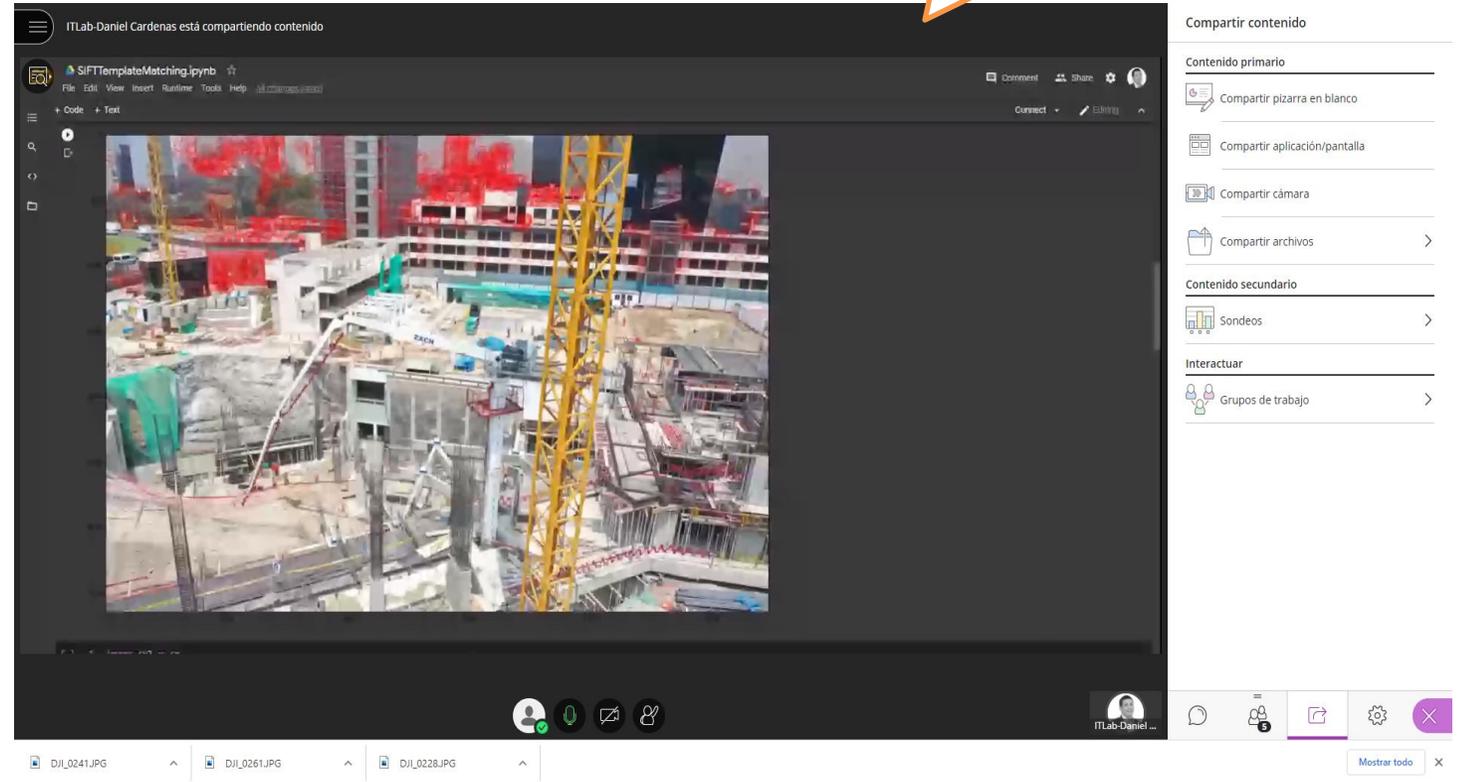


Identificación de fondos

Identificación de puntos comunes en fondo (prueba 1)



Template matching (algoritmo para resaltar puntos característicos en la imagen, prueba 2)



Plantilla de fondo (Template)



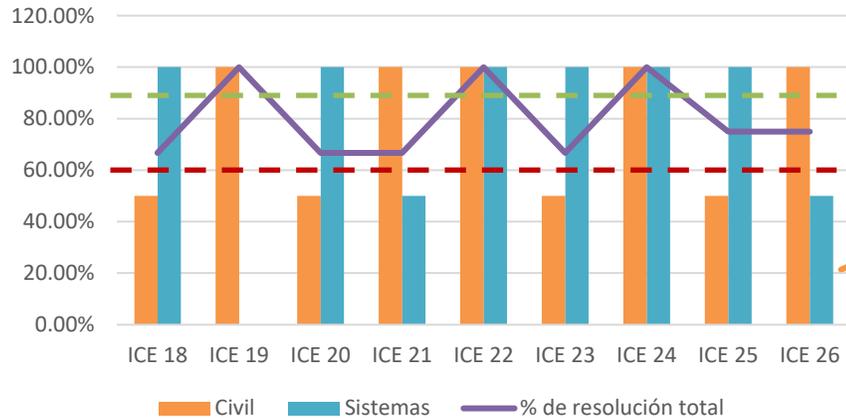
Resultados de las métricas y factores controlables ICE

Gráfico(s) de métricas de producción

Graph(s) of production metrics

I-01

% de interferencias resueltas

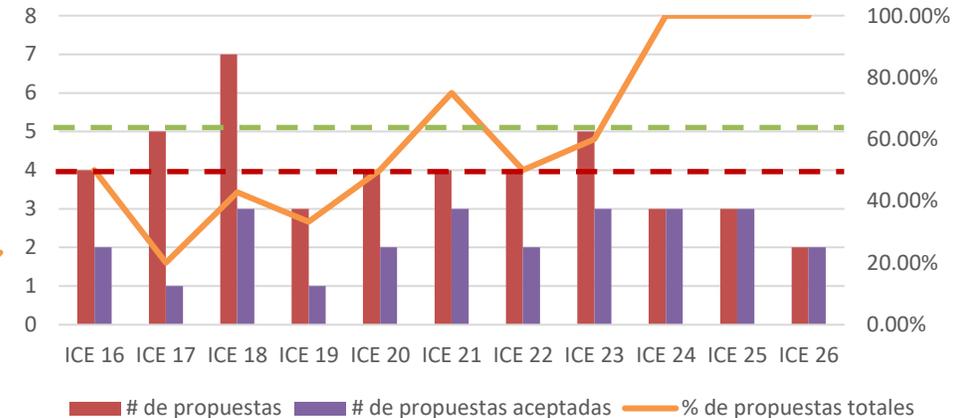


Estamos disminuyendo la variabilidad en las interferencias resueltas y en promedio nos encontramos en los rangos de las metas esperadas, esta métrica nos será útil en las siguientes etapas del proyecto.

Más propuestas de valor que se aprueban en la sesión

I-02

Propuestas aceptadas en sesión ICE

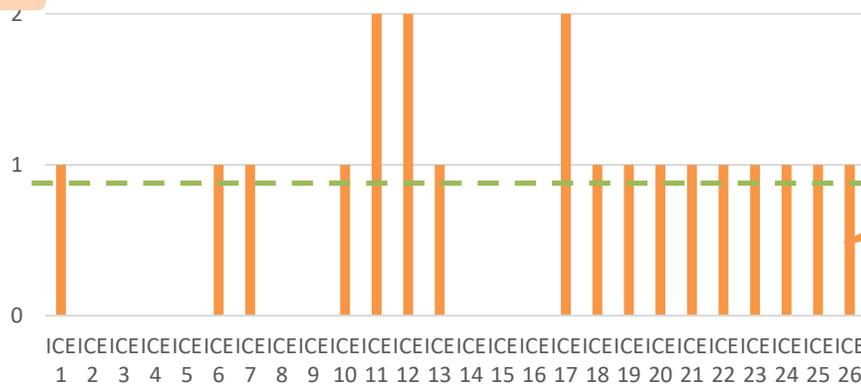


Gráfico(s) de factores controlables

Graph(s) of controllable factors

de días antes de la sesión ICE en los que se tiene disponible la agenda

I-01

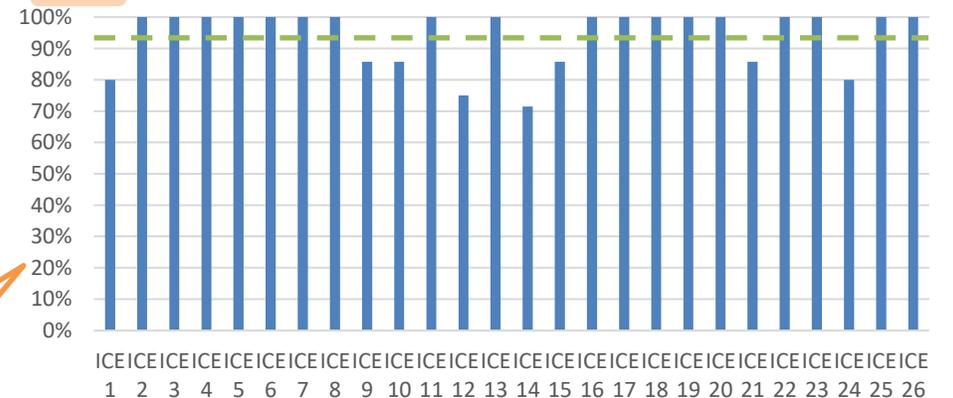


Mantenemos la preparación de la agenda de la sesión ICE con antelación.

Mantenemos la asistencia deseada en las sesiones ICE.

I-02

% de asistencia sesiones ICE

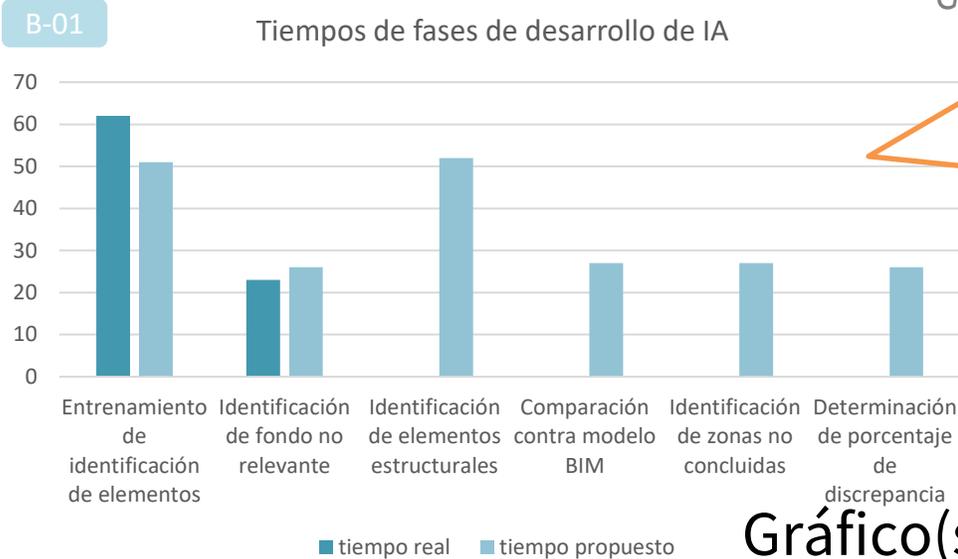


Resultados de las métricas y factores controlables

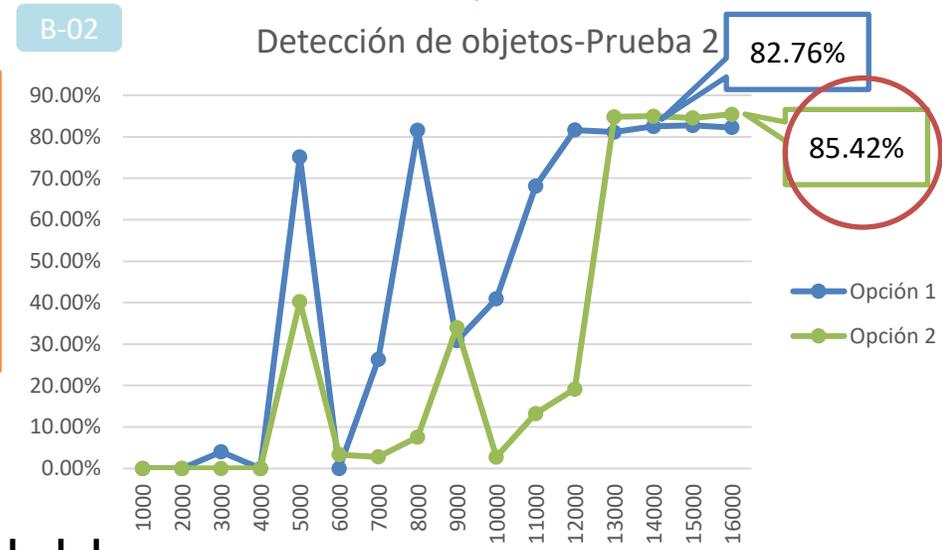
El entrenamiento de la Prueba 2 Opción 2 dio el mayor valor de 85.42% para detener el proceso de entrenamiento y continuar con el filtrado de imágenes

Gráfico(s) de métricas de producción

Graph(s) of production metrics



11 días de retraso en la fase de entrenamiento ya que se experimentó con diferentes métodos para definir el algoritmo final. Ya nos encontramos en el proceso de instalación de cámaras, por lo que esperamos no sobrepasarnos por mucho tiempo en las siguientes etapas, ya que la identificación de fondo se acerca al límite del tiempo propuesto.



Gráfico(s) de factores controlables

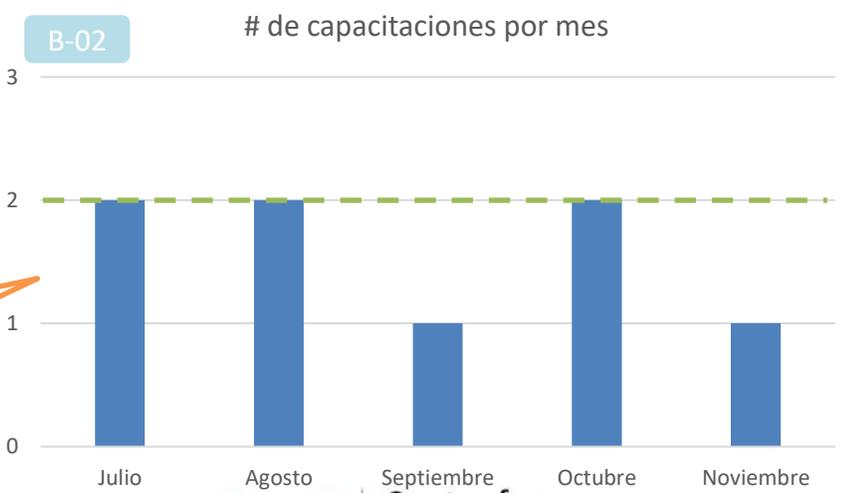
Graph(s) of controllable factors

B-01

ICE 12	Fotos de maquinaria a 30 metros de altura	✓
ICE 13	Fotos de maquinaria volando alrededor	✓
ICE 14	Fotos de maquinaria con cámara a 45° a 30 metros de altura	✓
ICE 15	Fotos de dron desde ubicación de cámaras en edificios con coordenadas	✓
ICE 16	Fotos antes del medio día	✓
ICE 17	Fotos donde se vea techo de máquinas	✓
ICE 18	Solo tomar fotos, no considerar video	✓
ICE 19	Continuar con fotos	✓
ICE 20	Prueba de imágenes cerca de grúa	✓
ICE 21	Mantener imágenes desde puntos de edificios	✓
ICE 22	Tomar imágenes desde nuevos puntos	✓
ICE 23	Mantener imágenes desde nuevos puntos	✓
ICE 24	Mantener imágenes desde nuevos puntos	✓
ICE 25	Enfocarse en imágenes desde pabellón A	✓
ICE 26	Mantener parámetros	✓

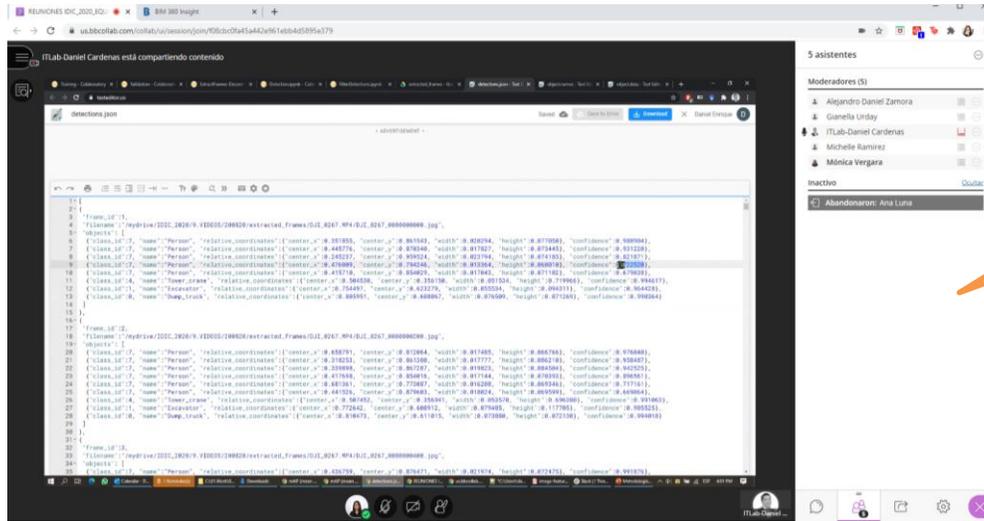
Probablemente se deba modificar o eliminar este factor controlable debido a la adquisición de las cámaras fijas.

Capacitaciones de software y equipos, en promedio con 2 mensuales.



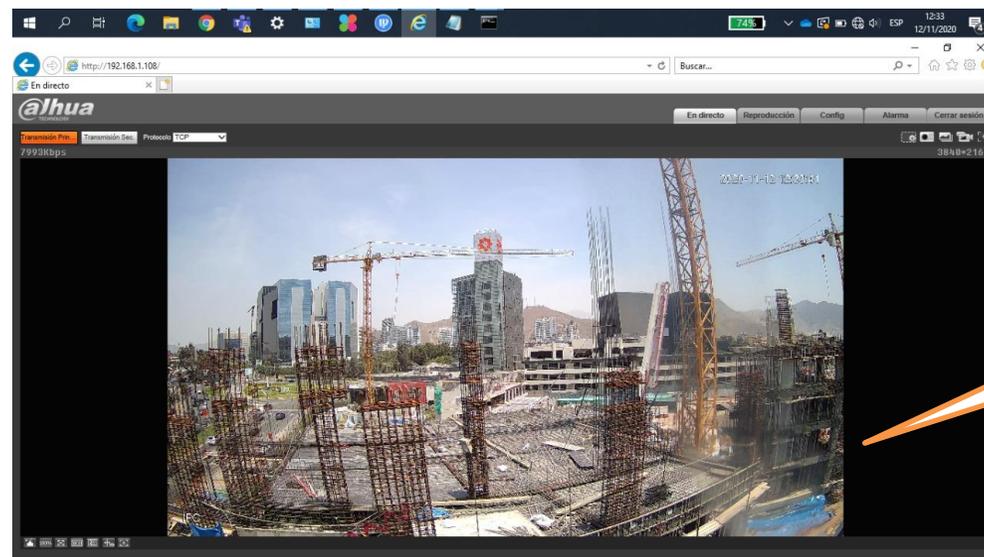
Resultados de las métricas y factores controlables BIM

Imágenes que muestran la implementación



Capacitación de desarrollo de algoritmo y programación

Instalación de cámaras fijas

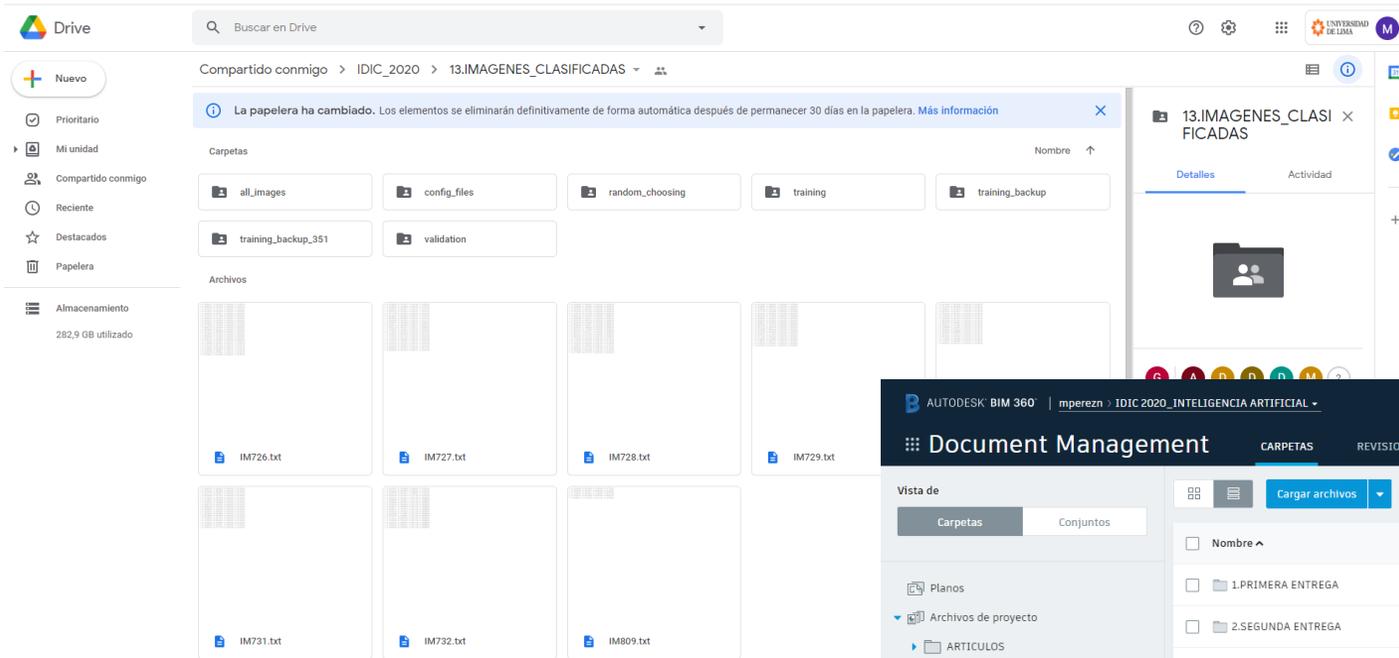


Ubicación de visuales

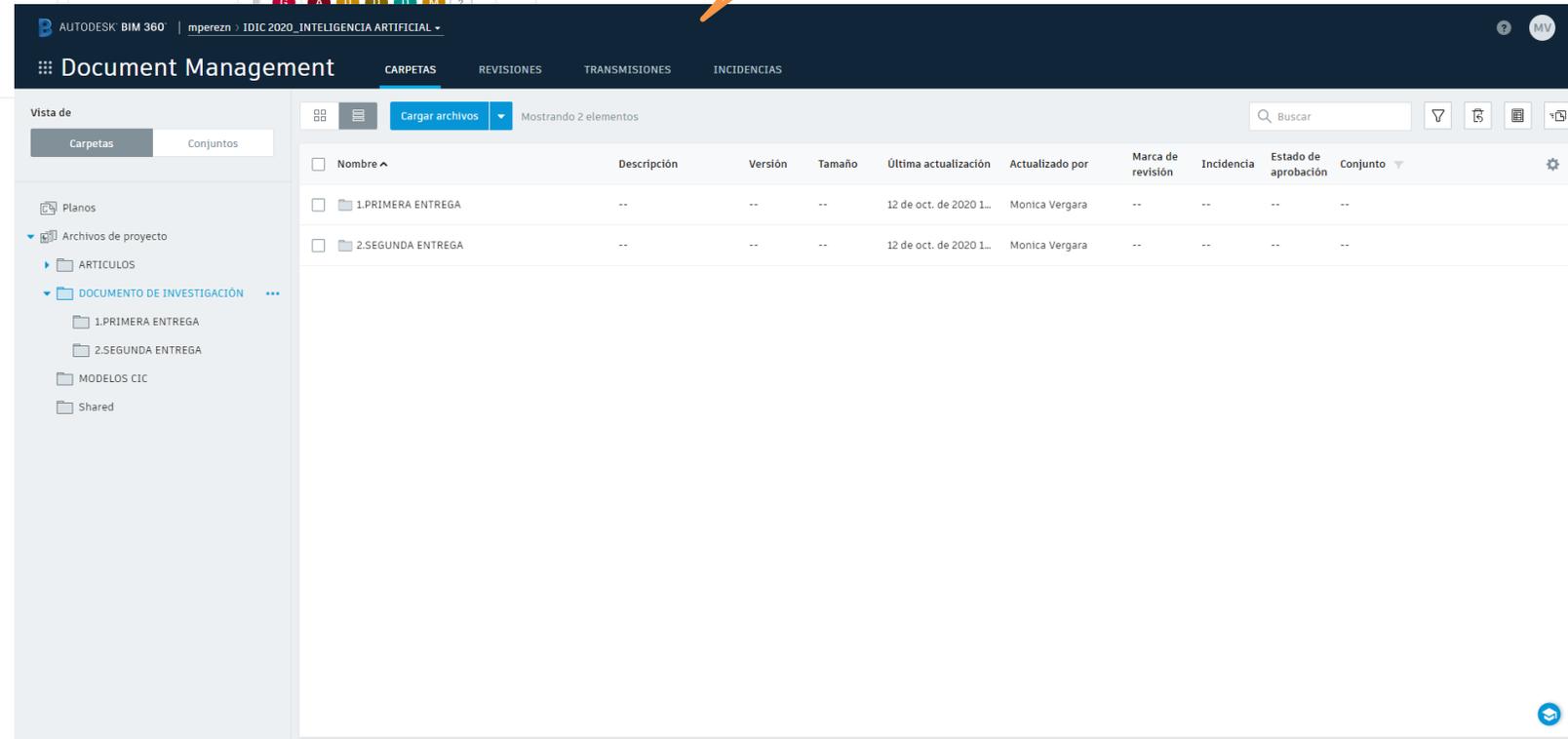


Resultados de las métricas y factores controlables BIM

Imágenes que muestran la implementación



Migración a plataformas digitales y colaborativas Google Drive y BIM 360



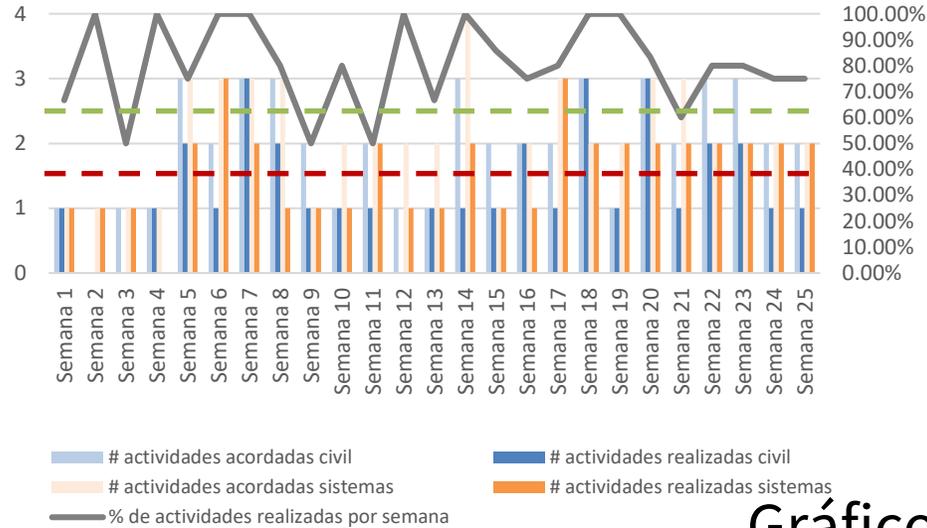
Resultados de las métricas y factores controlables PPM

Gráfico(s) de métricas de producción

Graph(s) of production metrics

P-01

Actividades realizadas por semana

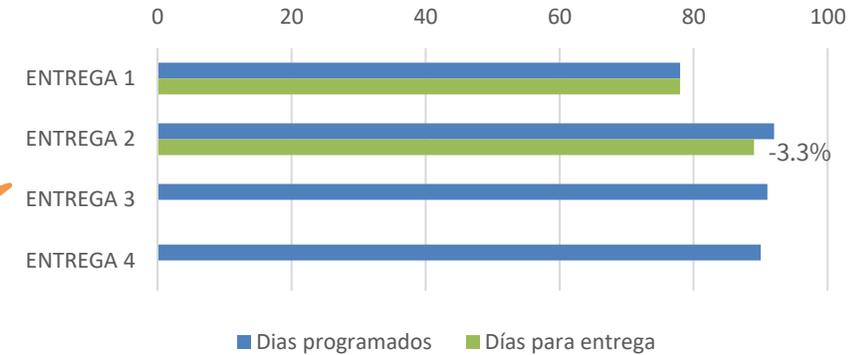


Se mantiene un mejor control y seguimiento de las actividades que permite identificar posibles problemas

Se logró reducir el tiempo de entrega en un 3.3%, y nos encontramos en camino a preparar la tercera entrega que esperamos tengamos los mismos o mejores resultados.

P-02

Tiempos de preparación de proyecto para entrega

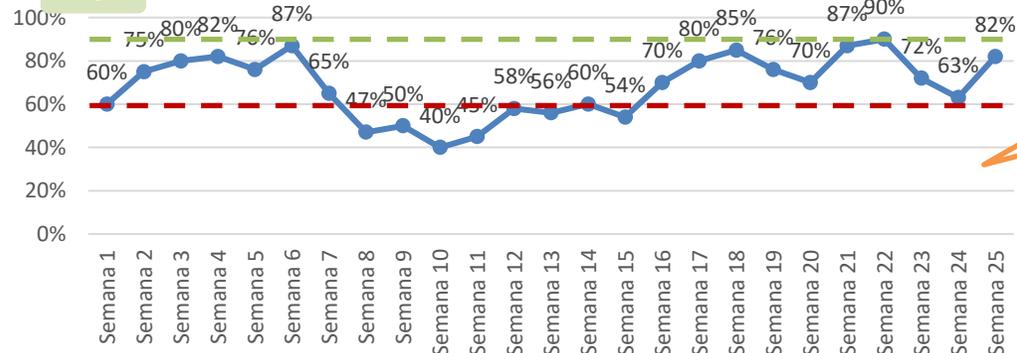


Gráfico(s) de factores controlables

Graph(s) of controllable factors

P-01

% de cumplimiento de cronograma a la fecha

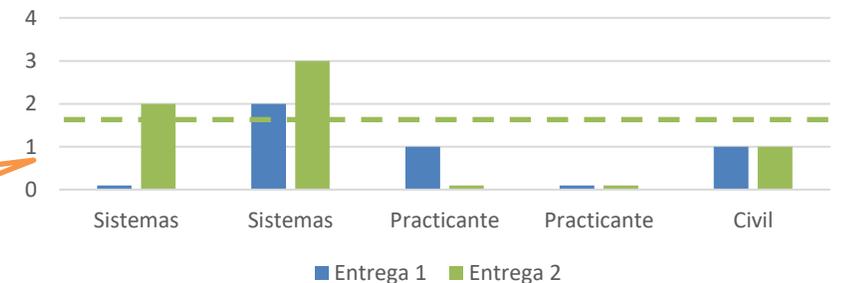


Mejor seguimiento del cronograma dentro de las metas.

Se registrará esta métrica en la siguiente entrega trimestral.

P-02

Documentos terminados # días antes de la fecha acordada



Resultados de las métricas y factores controlables PPM

Imágenes que muestran la implementación

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following data:

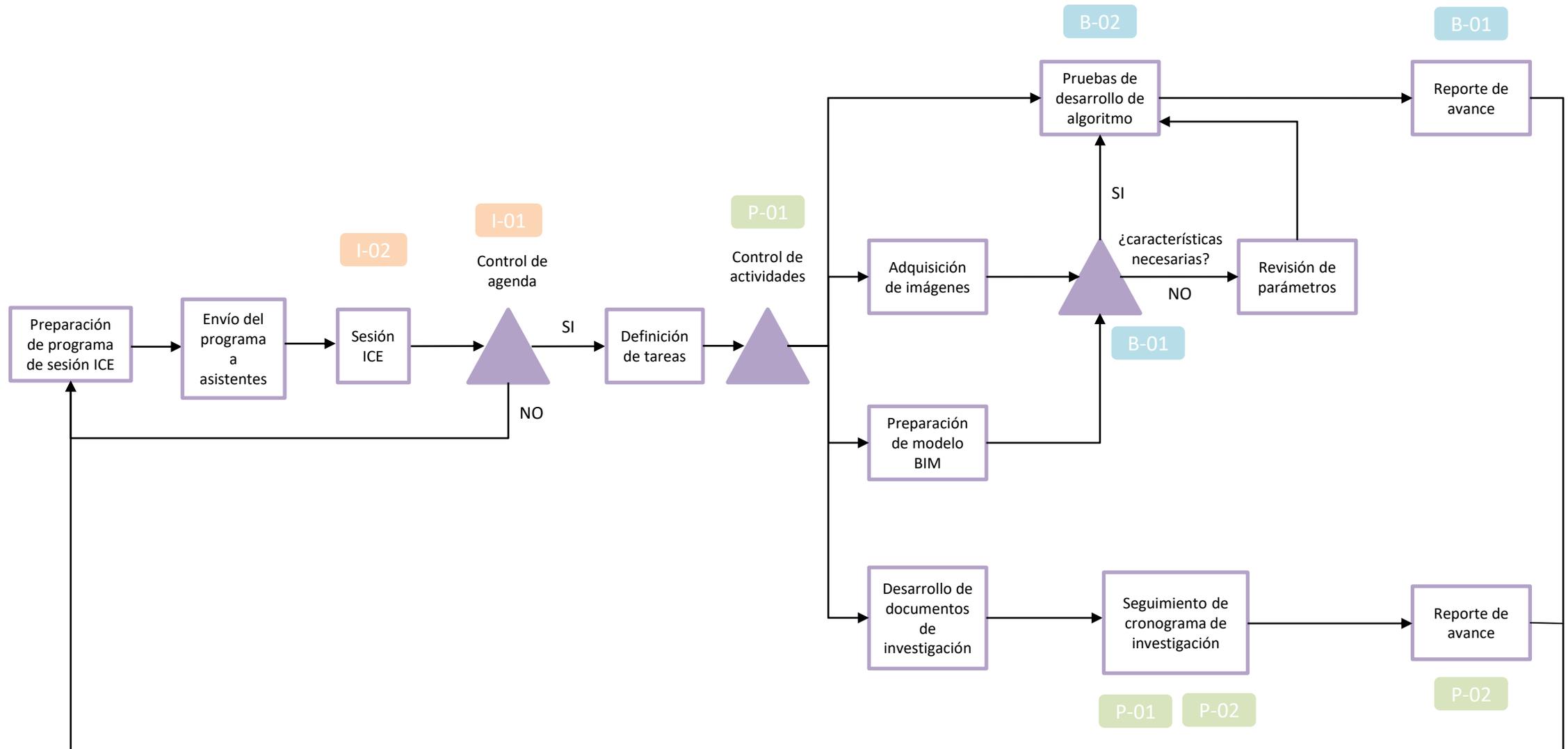
Journal	País	Cuartil	Cobertura	Área temática	Categoría 1	Categoría 2	Categoría 3
International Journal of Artificial Intelligence			2009-2019	Computer Science	Inteligencia Artificial		
Applied Intelligence			1991-2020	Computer Science	Inteligencia Artificial		
Progress in Artificial Intelligence			2012-2020	Computer Science	Inteligencia Artificial		
Autonomous Agents and Multi-Agent Systems			1998-2020	Computer Science	Inteligencia Artificial		
ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems			2011-2019	Computer Science	Inteligencia Artificial		Iteración Humano Computadora
IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems			2016-2020	Computer Science	Inteligencia Artificial	Software	
Knowledge Engineering Review			1984,1987-2020	Computer Science	Inteligencia Artificial	Software	
Cybernetics and Systems			1980-2020	Computer Science	Inteligencia Artificial	Software	
Connection Science			2004-2019	Computer Science	Inteligencia Artificial	Software	Iteración Humano Computadora
International Journal of Pattern Recognition and Artificial Intelligence			1995-2020	Computer Science	Inteligencia Artificial	Software	Visión computacional y reconocimiento
IETE Journal of Research			1979-1989,1993-2020	Computer Science	Aplicación de Computer Science		

A sorting menu is open over the 'Cuartil' column, showing options: Ordenar de A a Z, Ordenar de Z a A, Ordenar por color, Vista de Hoja, and Borrar filtro de "Cuartil". A search box is also visible with the following options:

- (Seleccionar todo)
- Q2
- Q3
- (Vacías)

Organización de revistas y artículos científicos en base de datos para definición de revista a contactar

Proceso final basado en VDC con métricas



Conclusiones y Reflexiones

- Al ser un proyecto de investigación, hay varias etapas que involucran prueba y error, lo cual dificulta la definición y seguimiento de métricas en el desarrollo de la IA en sí. Por lo cual, uno de los componentes VDC que nos brindó gran ayuda fue ICE, donde las métricas nos permitieron identificar y resolver interferencias en el desarrollo del proyecto donde todos los participantes brinden soluciones y propuestas de valor.
- Las métricas del componente BIM nos ayudaron a controlar el desarrollo las etapas definidas para la investigación, en las cuales se necesitó realizar un proceso de investigación además de aplicación y capacitación del equipo en usos de software con los cuales no es tan familiar.
- En PPM se utilizaron métricas donde se mida el porcentaje de cumplimientos de las actividades realizadas semanalmente y el cronograma, lo cual nos permite identificar retrasos y tomar decisiones para contrarrestarlos.

Recomendaciones para otros proyectos

- A colegas trabajando en proyectos similares
 1. Plantear los OC, OP y alcances claramente con los integrantes del Proyecto.
 2. Trabajar con mayor detenimiento métricas de seguimiento de tareas de cada parte y participante del Proyecto.
- A tus superiores
 1. Intercambio de información entre los participantes (pequeñas capacitaciones) para complementar los conocimientos.
 2. Considerar colaboración entre distintos proyectos como referencia.
- A tu compañía
 1. Los proyectos de investigación se beneficiarían de la metodología VDC para la integración y cooperación de diferentes disciplinas para proyectos innovadores.

Conclusión Final

Implementar los elementos VDC permitió definir y dirigir los objetivos del proyecto para cumplir con los objetivos del cliente. Mediante la implementación VDC, se realizaron sesiones ICE semanales con los investigadores de ingeniería civil, ingeniería de sistemas, asistentes de investigación y proveedores, donde se revisan los componentes BIM y PPM, y se aceptaron propuestas de valor en 100% (en un inicio 50%), se cumplieron las tareas semanales en un 80% (vs. 50%), se resolvieron interferencias encontradas en un 85% en promedio cuando antes no se contaba con un registro, y se redujo el tiempo de preparación de las entregas parciales en 3.3% (antes 0%).

¡Muchas gracias!



monicavergaraolivera@gmail.com / mvergara@ulima.edu.pe



[Mónica Vergara Olivera | LinkedIn](#)



Stanford | Center for
Professional Development



**UNIVERSIDAD
DE LIMA**