



CASO DE ÉXITO: ALERTA DE INSPECCION POR RIESGO GEOTECNICO DEBIDO A PRECIPITACIONES EN DERECHOS DE VIA EN LA SELVA PERUANA

Autores: Claudio Fernando Cruz, Gustavo Salerno, Cristian José Campos, José Darío Barrientos, Guillermo Federico Murillo, Pablo Rodriguez y Luis Alberto Sánchez

Noviembre 2023



ESTUDIO DE CASO: MANTENIMIENTO DE DDV DE DUCTOS EN OPERACION

- 206 KM DE DdV
- SELVA BAJA AMAZONICA
- LLUVIAS FRECUENTES E INTENSAS (75 % EN EPOCA DE VERANO)

- PENDIENTES PRONUNCIADAS TANTO TRANSVERSALES COMO LONGITUDINALES AL DdV
- LOGISTICA OFF SHORE IN LAND



CUZCO - PERÚ

ESTRATEGIA DE LOS SERVICIOS DE MANTENIMIENTO EN LOS DDV

Se basa en lograr que los **derechos de vía** y las obras de control de erosión existentes, presenten una condición operativa, previo al inicio del periodo más lluvioso del año, mediante tareas de mantenimiento preventivas, predictivas, proactivas, por condición y correctivas:

En **Época Seca**; mantenimiento regular de las estructuras de control de erosión y mantenimientos mayores.

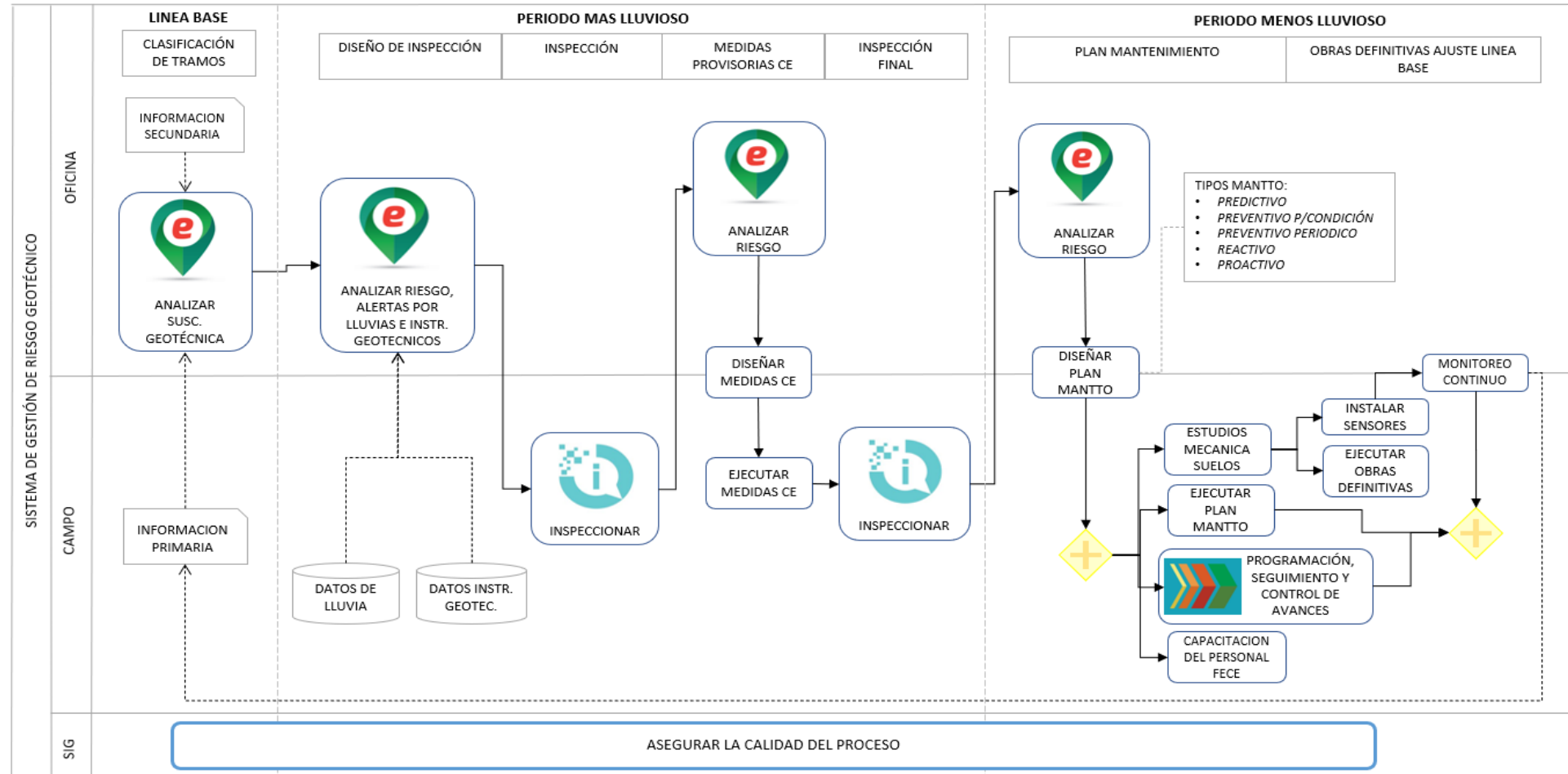
En **Época de Lluvia**; inspecciones y trabajos de control de erosión provisionales.





ALERTAS DE INSPECCIÓN EN DDV ENMARCADAS EN EL SISTEMA DE GESTIÓN DE RIESGO GEOTÉCNICO

Para mejorar la gestión en los servicios de mantenimiento de los DDV y la integridad de los ductos, se desarrolló un SGRG en el cual se implementó un sistema de *alerta temprana de inspección* en base a umbrales de lluvia.



FLUJO DE PROCESOS - SGRG



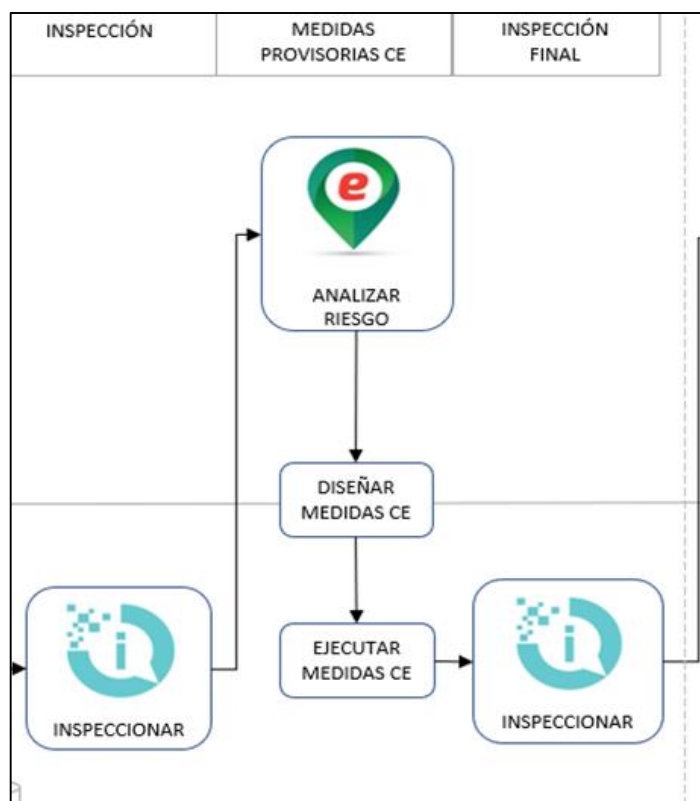
SISTEMA DE GESTIÓN DE RIESGO GEOTÉCNICO



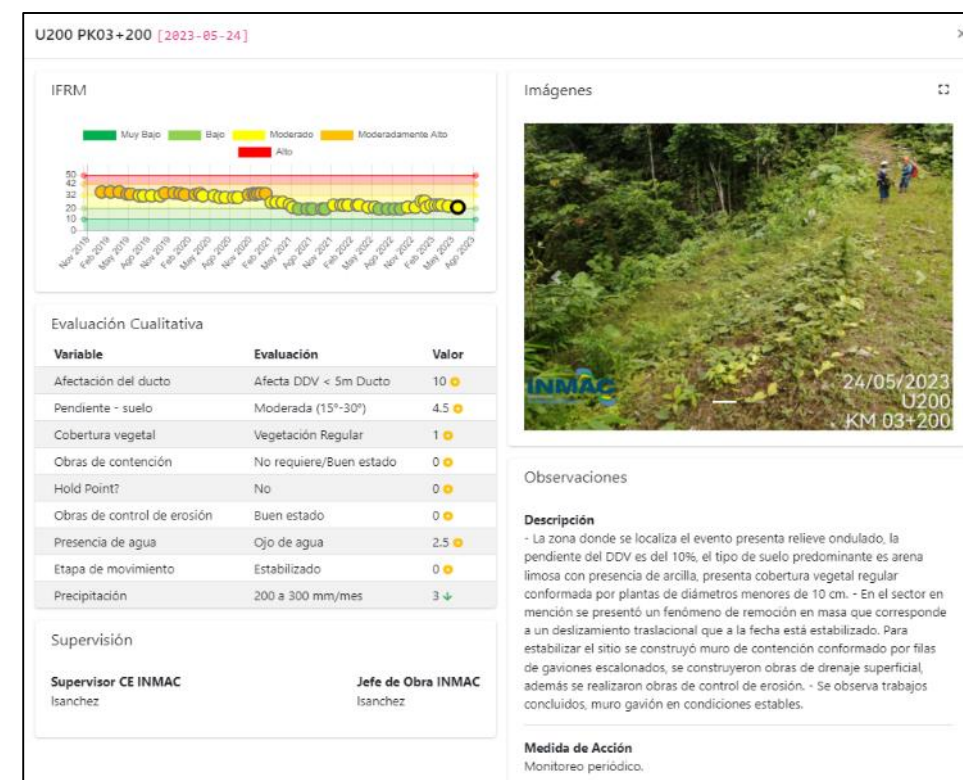


SISTEMA DE GESTIÓN DE RIESGO GEOTÉCNICO

PERIODO MAS LLUVIOSO: INSPECCIÓN



<https://inspecta2.cloud.inmac.work>



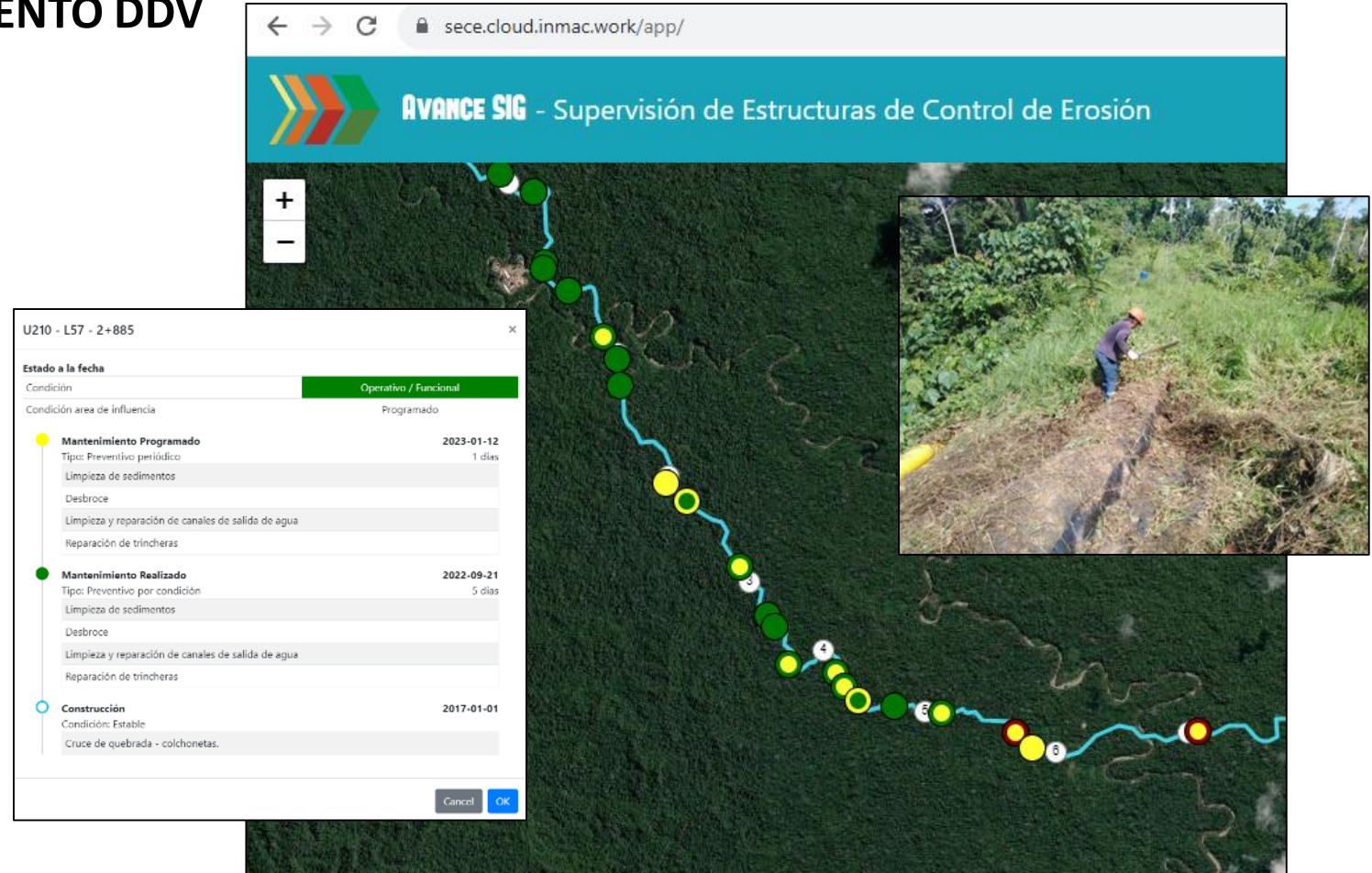
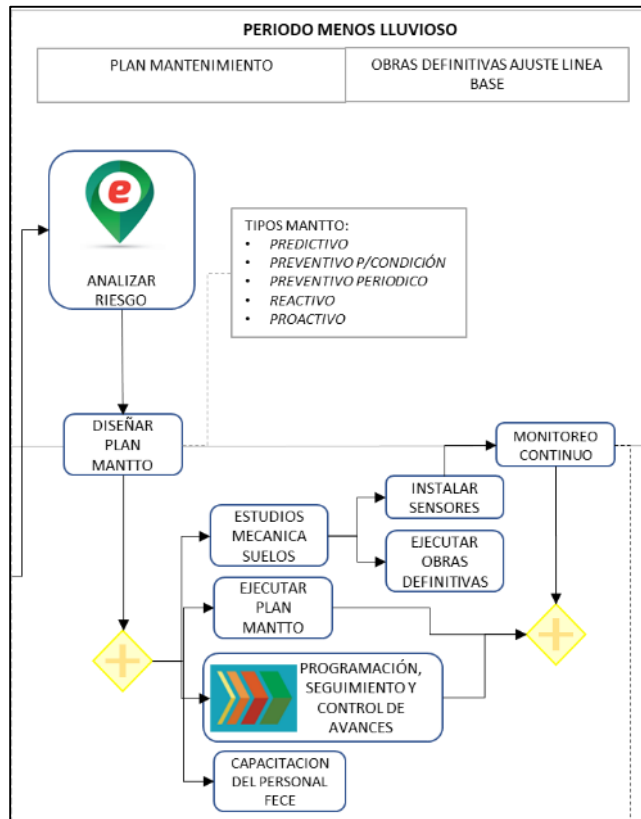
FICHA DE SEGUIMIENTO DE UN SECTOR CON DESLIZAMIENTO ESTABILIZADO. FUENTE: INSPECTA 2.0



SISTEMA DE GESTIÓN DE RIESGO GEOTÉCNICO

PERIODO MENOS LLUVIOSO: MANTENIMIENTO DDV

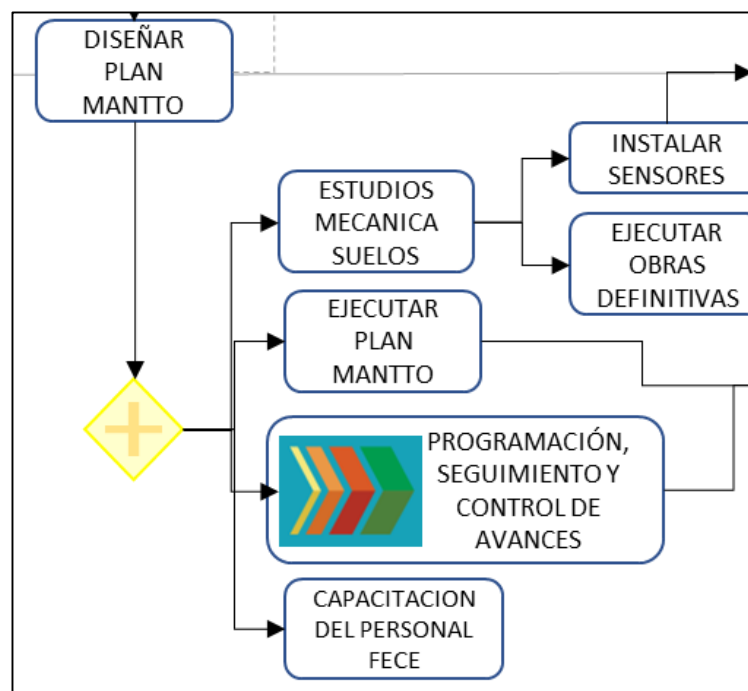
<https://sece.cloud.inmac.work>



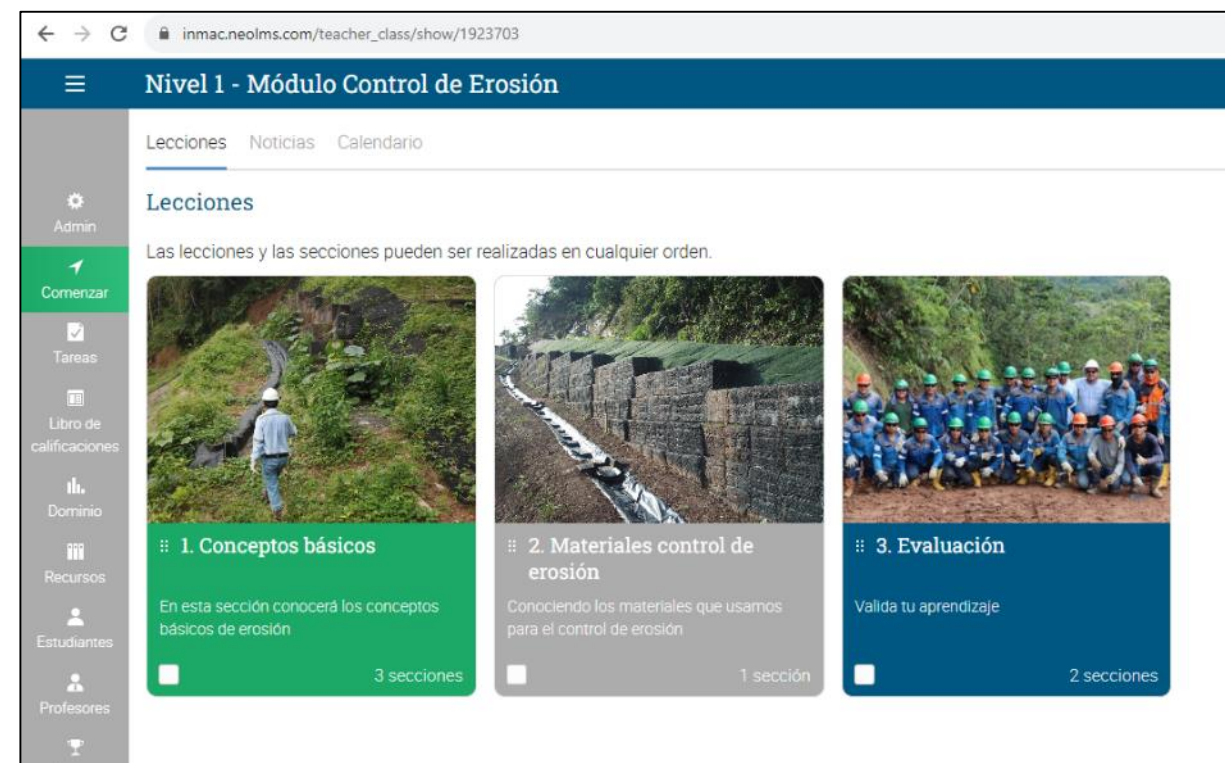


SISTEMA DE GESTIÓN DE RIESGO GEOTÉCNICO

PERIODO MENOS LLUVIOSO: CAPACITACION DEL PERSONAL



PORTAL PARA CAPACITACIÓN DEL PERSONAL EN CONTROL DE EROSIÓN “FORMANDO ESPECIALISTAS EN CONTROL DE EROSION”



<https://inmac.neolms.com>

MODELO DE UMBRALES DE LLUVIA

REGISTRO DE PRECIPITACIONES



PLUVIOMETRO UBICADO EN CAMPAMENTO REMOTO

- ☐ Envío automático de datos.



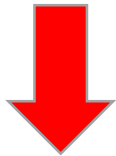
- ☐ Registro constante de precipitaciones en red de pluviómetros ubicados en áreas remotas.



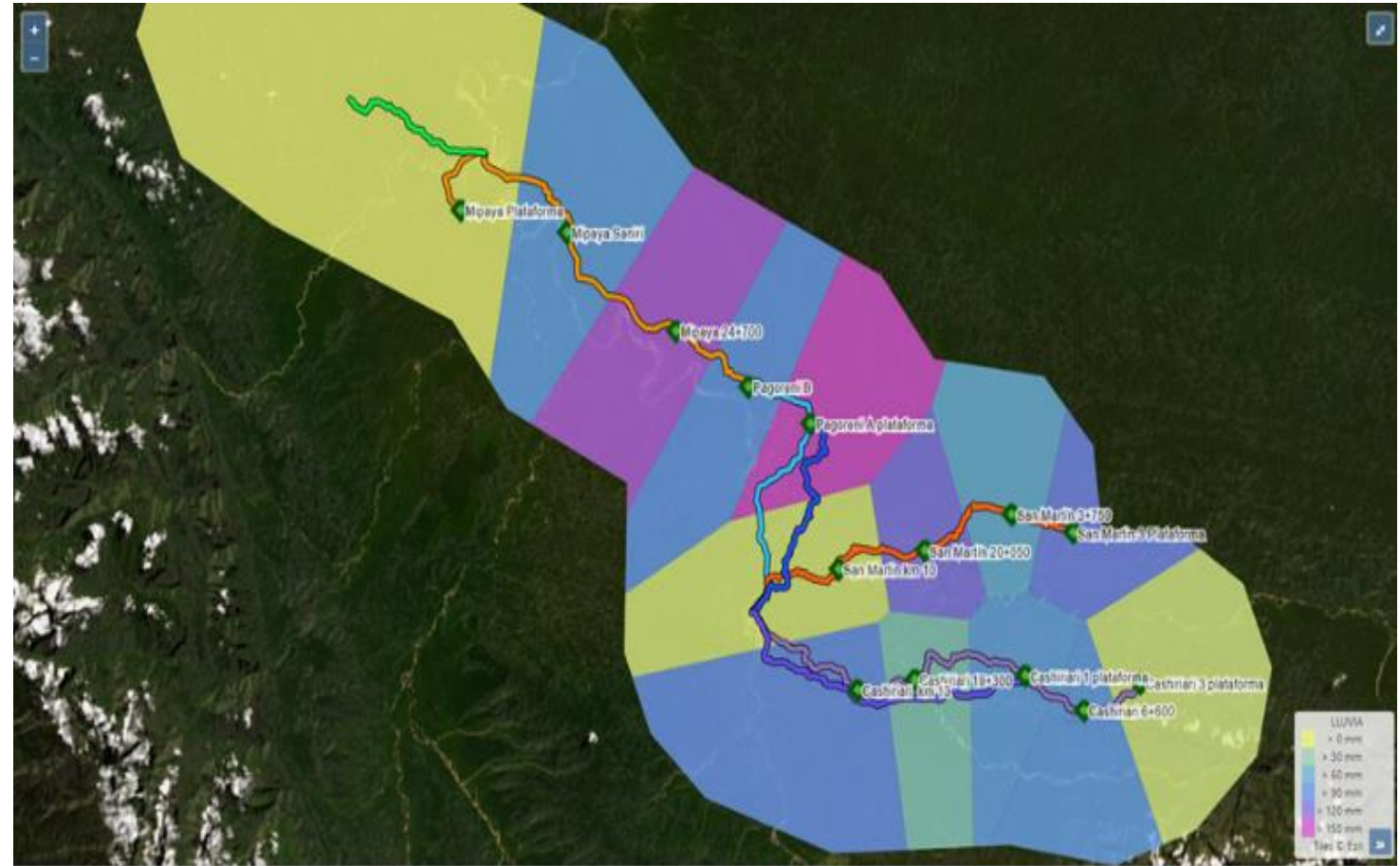
MODELO DE UMBRALES DE LLUVIA

SEGMENTACION DE TRAMOS DE DDV

MÉTODO POLÍGONOS DE THIESSEN: DEFINICIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE CADA PLUVIOMETRO



SEGMENTOS DE TRAMOS DDV



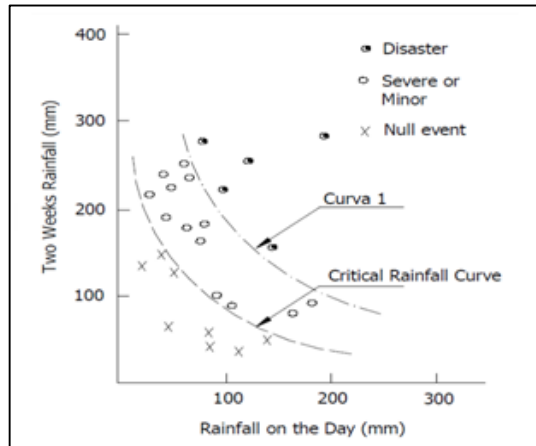
AREAS DE IMPACTO DE LA LLUVIA REGISTRADA EN CADA PLUVIOMETRO DE LA RED Y SEGMENTOS GENERADOS EN LOS DdV. FUENTE: ESTRATA 3.0

ANTECEDENTES DEL USO DEL MODELO DE UMBRALES DE LLUVIA

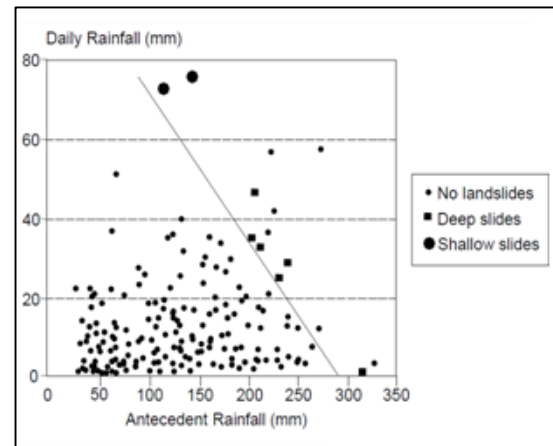
MODELO LLUVIA / DESLIZAMIENTO

- Umbral crítico de lluvia es el mínimo o máximo nivel crítico de una cantidad necesaria de lluvia, a partir de la cual un proceso ocurre.
- Procesos de remoción en masa generados por lluvia, debido al incremento en la presión de poros en el talud.

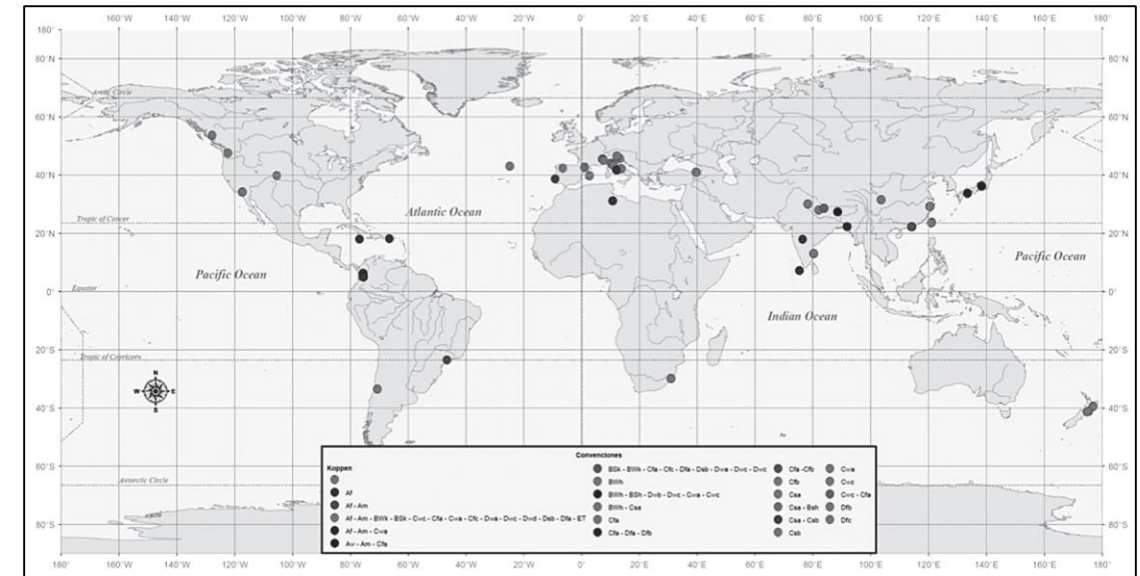
En el mundo se han propuesto múltiples relaciones lluvia-deslizamientos para sistemas de alerta temprana.



Curva de lluvia crítica (Aboschi, 1979)



Lluvia antecedente 25 días y lluvia diaria asociada a deslizamientos (Terlien, 1997)

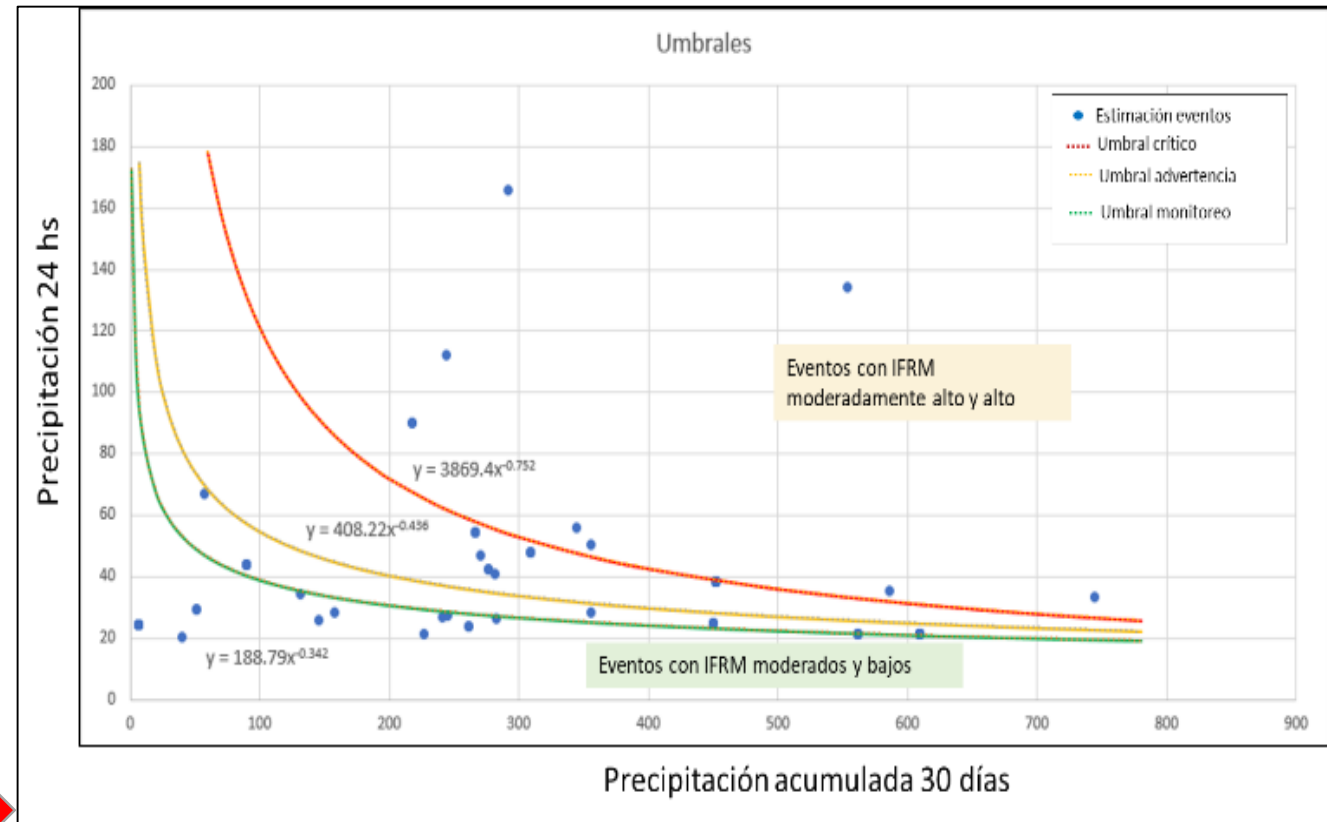


Ubicación y clasificación de los umbrales de lluvia recopilados de la literatura en función de la escala climática de Köppen.

MODELO DE UMBRALES DE LLUVIA

ELABORACION DE MODELO

- IDENTIFICACION Y CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE REMOCION EN MASA (AÑOS 2018-2019-2020)
- DATOS DE PRECIPITACION DE EVENTO DETONANTE (24 HS)
- DATOS DE PRECIPITACIONES ACUMULADAS (30 DÍAS PREVIOS AL EVENTO)
- CONSTRUCCION DE CURVAS DE UMBRALES DE LLUVIA



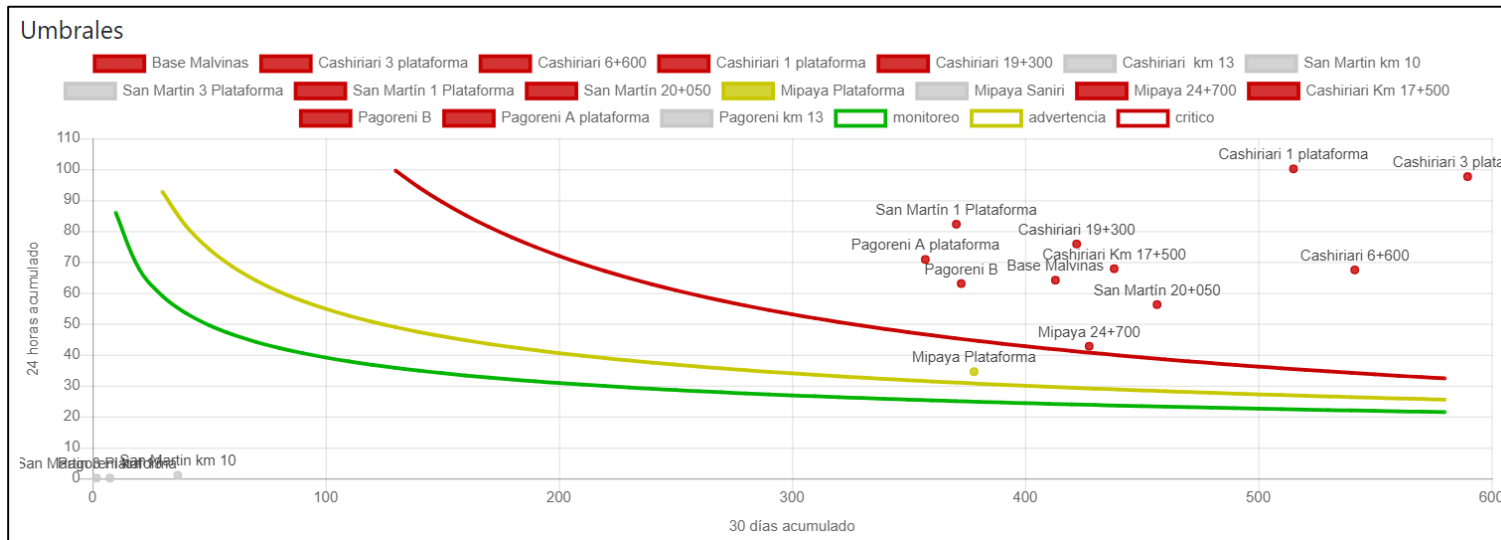
FUNCIONES DE LOS 3 UMBRALES DE LLUVIA DEFINIDOS SEGÚN EL NIVEL DE IFRM



MODELO DE UMBRALES DE LLUVIA

RESULTADOS DE ALERTAS DE INSPECCIÓN

- ❑ GENERACION AUTOMATICA DE 485 ALERTAS DE INSPECCIÓN
- ❑ IDENTIFICACION DE 110 ALERTAS DE NIVEL CRITICO
- ❑ IDENTIFICACION DE 82 HALLAZGOS



[PRUEBA] Alerta de lluvia estrata [Inbox x](#)

inmac.idi@gmail.com Thu, Feb 17, 2022, 9:00 PM

to joortez.grupoinmac, claudio.craz, jose.berrientos, guillermo.munillo, arodrigo, emanquina, jbermeo, prodiguez, leanchoz, rptorres, lcolque, lrodriguez, cchoque, qcampes, nancy.garcia, nchura, ehenren.inmac, ppiccor

Este es un mensaje de alerta automático. Puede ver el estado actual en: [Estrata](#)

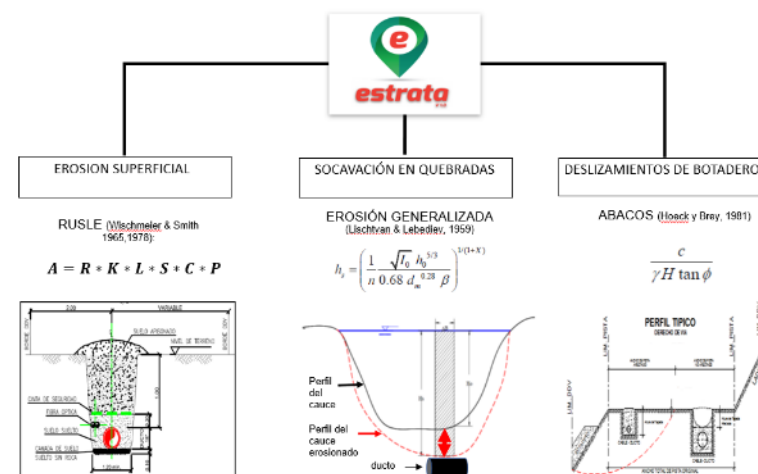
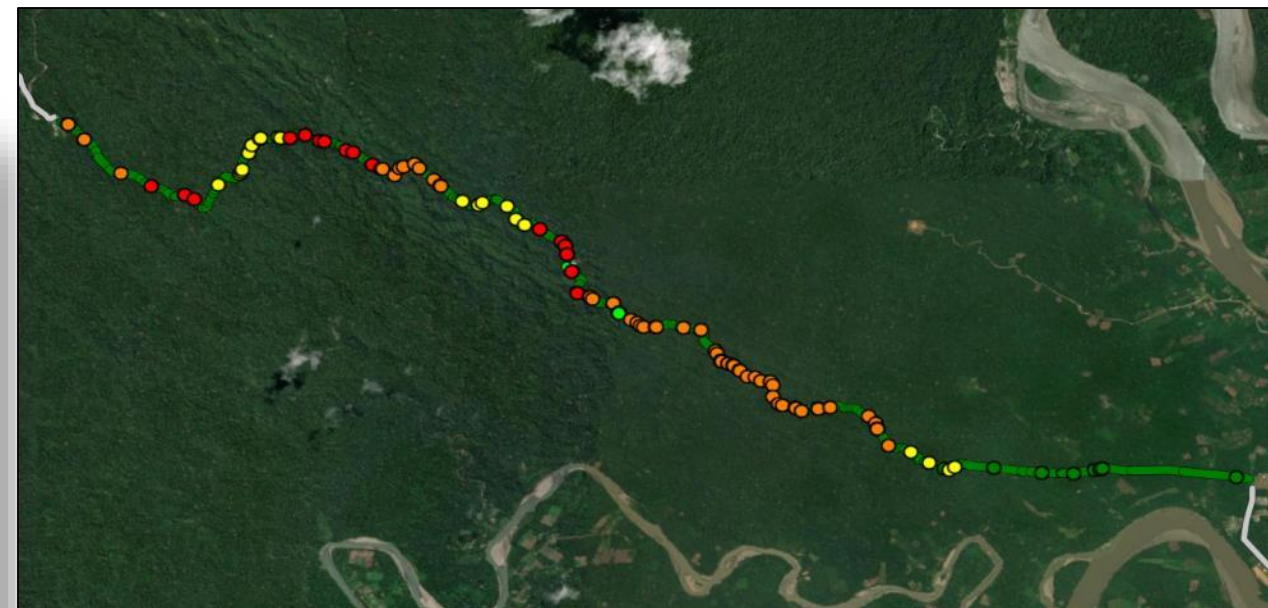
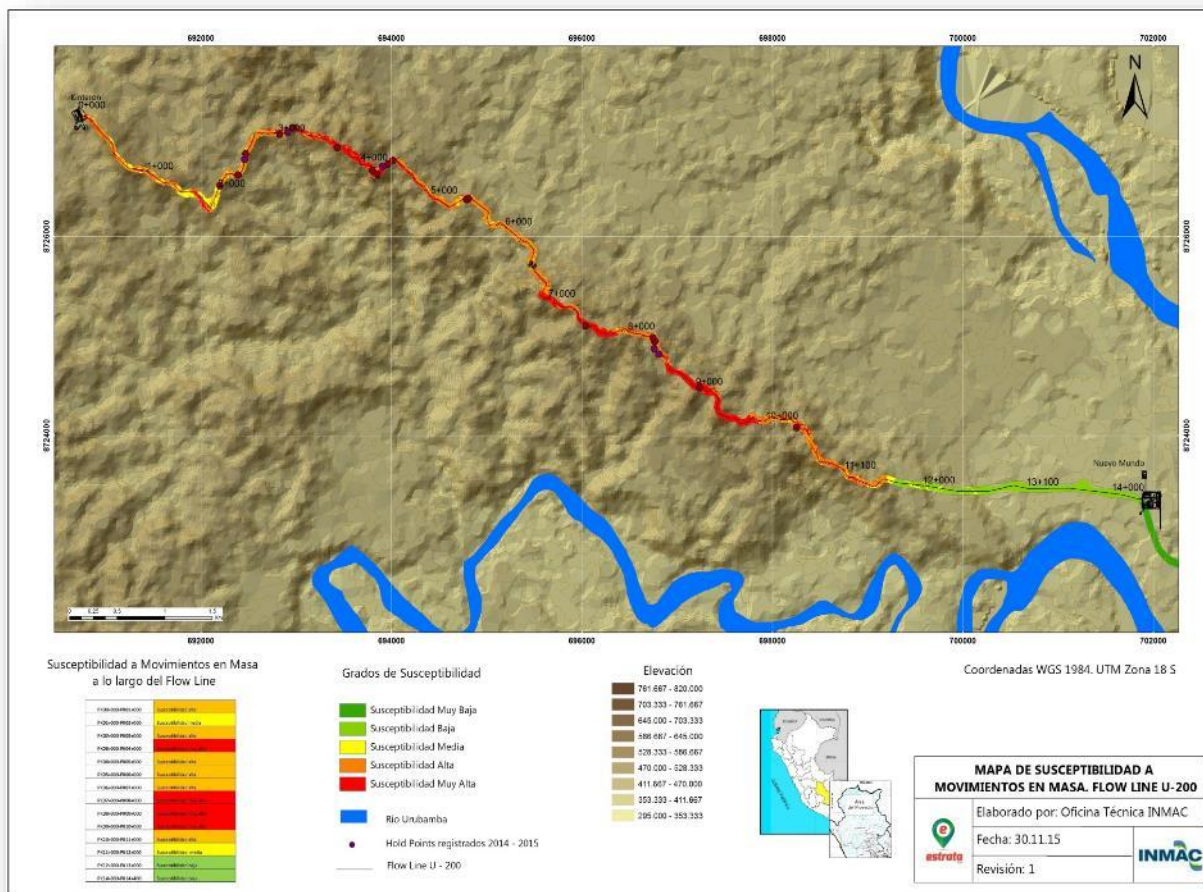
Pluviometro	Tramos en alerta	Alerta	Lluvia 24h (mm)	Lluvia acumulada 30 días (mm)
Base Malvinas	CASHIRARI 0+000-9+000	Critico	66.20	410.38
Base Malvinas	SAN MARTIN MLV-SMI 0+000-9+500	Critico	66.20	410.38
Base Malvinas	PAGORENI 0+000-5+000	Critico	66.20	410.38
Base Malvinas	U600 0+000-7+400	Critico	66.20	410.38
Cashirari 3 plataforma	CASHIRARI 36+800-45+000	Alerta a 88	97.70	508.50
Cashirari 1 plataforma	CASHIRARI 26+500-38+800	Alerta a 88	102.20	512.80
Cashirari 19+300	CASHIRARI 16+500-29+500	Critico	78.00	419.40
San Martín 1 Plataforma	SAN MARTIN MLV-SMI 23+200-28+000	Alerta a 88	84.00	368.30
San Martín 1 Plataforma	SAN MARTIN I SAN MARTIN III 0+000-4+500	Alerta a 88	84.00	368.30
San Martín 20+050	SAN MARTIN MLV-SMI 9+500-23+200	Critico	57.30	455.30
Mipaya Plataforma	MIPAYA 0+000-4+000	Critico	53.10	358.40
Mipaya Plataforma	MIPAYA (TRAMO PLATAFORMA-NVO MUNDO) 0+000-7+000	Critico	53.10	358.40
Mipaya Plataforma	U200 0+000-14+000	Critico	53.10	358.40
Cashirari Km 17+500	CASHIRARI 9+000-18+500	Critico	70.10	435.40
Pagoreni B	PAGORENI 21+000-24+000	Critico	63.40	371.30
Pagoreni B	MIPAYA 21+700-36+500	Critico	63.40	371.30
Pagoreni A plataforma	PAGORENI 15+000-21+000	Critico	72.00	355.70
Pagoreni A plataforma	MIPAYA 36+500-40+000	Critico	72.00	355.70
Pagoreni A plataforma	U600 17+500-22+200	Critico	72.00	355.70

EMISION DE ALERTAS DE INSPECCIÓN DE NIVEL CRÍTICO EN TRAMOS DE DDV

GRAFICO CON IDENTIFICACION DE PLUVIOMETROS DE ACUERDO AL UMBRAL DE LLUVIA (17/02/2022). FUENTE: ESTRATA

MODELO DE UMBRALES DE LLUVIA

HOJA DE RUTA DE INSPECCIONES DE CAMPO EN BASE A LAS ALERTAS EMITIDAS Y AL MAPA DE RIESGOS





EJEMPLO DE IMPLEMENTACION DE ALERTA

[PRUEBA] Alerta de lluvia estrata

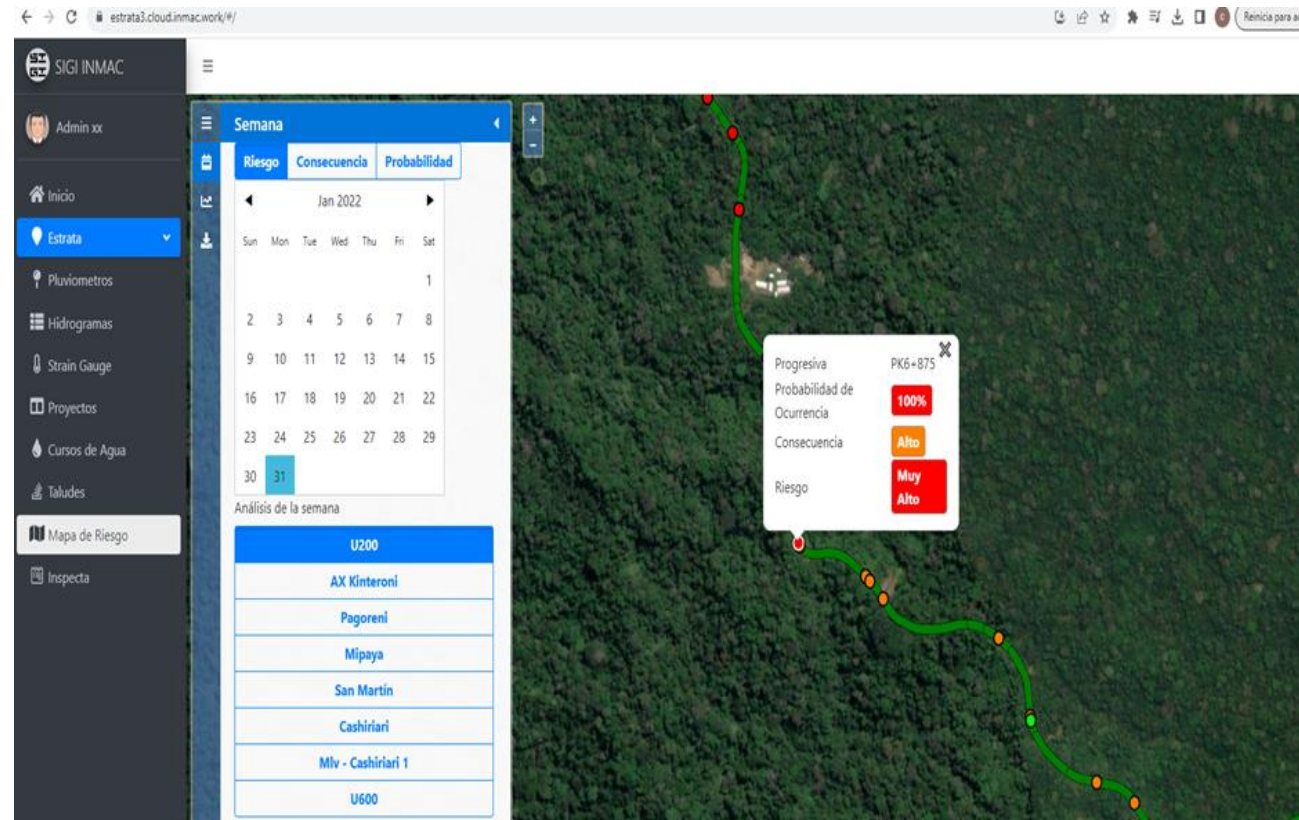
inmac.idi@gmail.com

Sun, Jan 31, 2021, 2:00 AM

to cortez.grupoinmac, claudio.cruz, jose.barrientos, guillermo.murillo, arodrigo, emarquina, jbermeo, prodriguez, lsanchez, rptorres, lcolq

Este es un mensaje de alerta automático. Puede ver el estado actual en: [Estrata](#)

Pluviometro	Tramos en alerta	Alerta	Lluvia 24h (mm)	Lluvia acumulada 30 días (mm)
Base Malvinas	U600 0+000-7+400	Advertencia	36.20	395.00
Base Malvinas	PAGORENI 0+000-5+000	Advertencia	36.20	395.00
Base Malvinas	SAN MARTIN MLV-SMI 0+000-9+500	Advertencia	36.20	395.00
Base Malvinas	CASHIRIARI 0+000-9+000	Advertencia	36.20	395.00
Cashirari 1 plataforma	CASHIRIARI 26+500-38+800	Advertencia	34.00	532.90
San Martín 1 Plataforma	SAN MARTIN I SAN MARTIN III 0+000-4+500	Advertencia	32.80	431.50
San Martín 1 Plataforma	SAN MARTIN MLV-SMI 23+200-26+000	Advertencia	32.80	431.50
Mipaya Plataforma	U200 0+000-14+000	Critico	50.00	467.30
Mipaya Plataforma	MIPAYA (TRAMO PLATAFORMA-NVO MONDO) 0+000-7+000	Critico	50.00	467.30
Mipaya Plataforma	MIPAYA 0+000-4+000	Critico	50.00	467.30
Cashirari Km 17+500	CASHIRIARI 9+000-18+500	Critico	39.20	561.00
Pagoreni A plataforma	U600 17+500-22+200	Critico	43.50	419.40
Pagoreni A plataforma	MIPAYA 36+500-40+000	Critico	43.50	419.40
Pagoreni A plataforma	PAGORENI 15+000-21+000	Critico	43.50	419.40
Pagoreni km 13	U600 7+400-17+500	Critico	50.20	520.18
Pagoreni km 13	PAGORENI 5+000-15+000	Critico	50.20	520.18

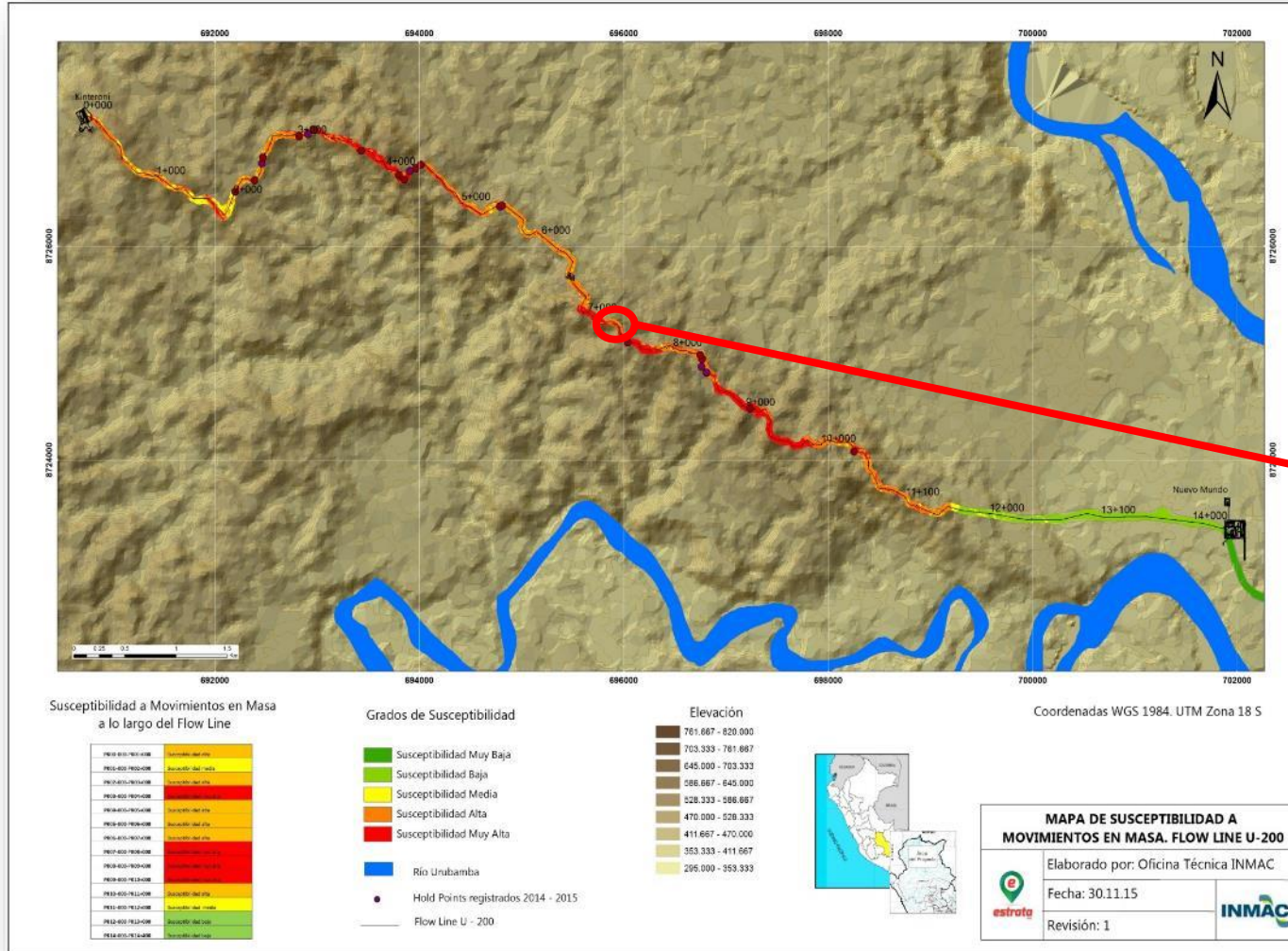


Emisión automática de Alerta Temprana para inspección vía correo electrónico.

Definición de hoja de ruta para la inspección directa mediante la priorización de alertas en el mapa de riesgos.

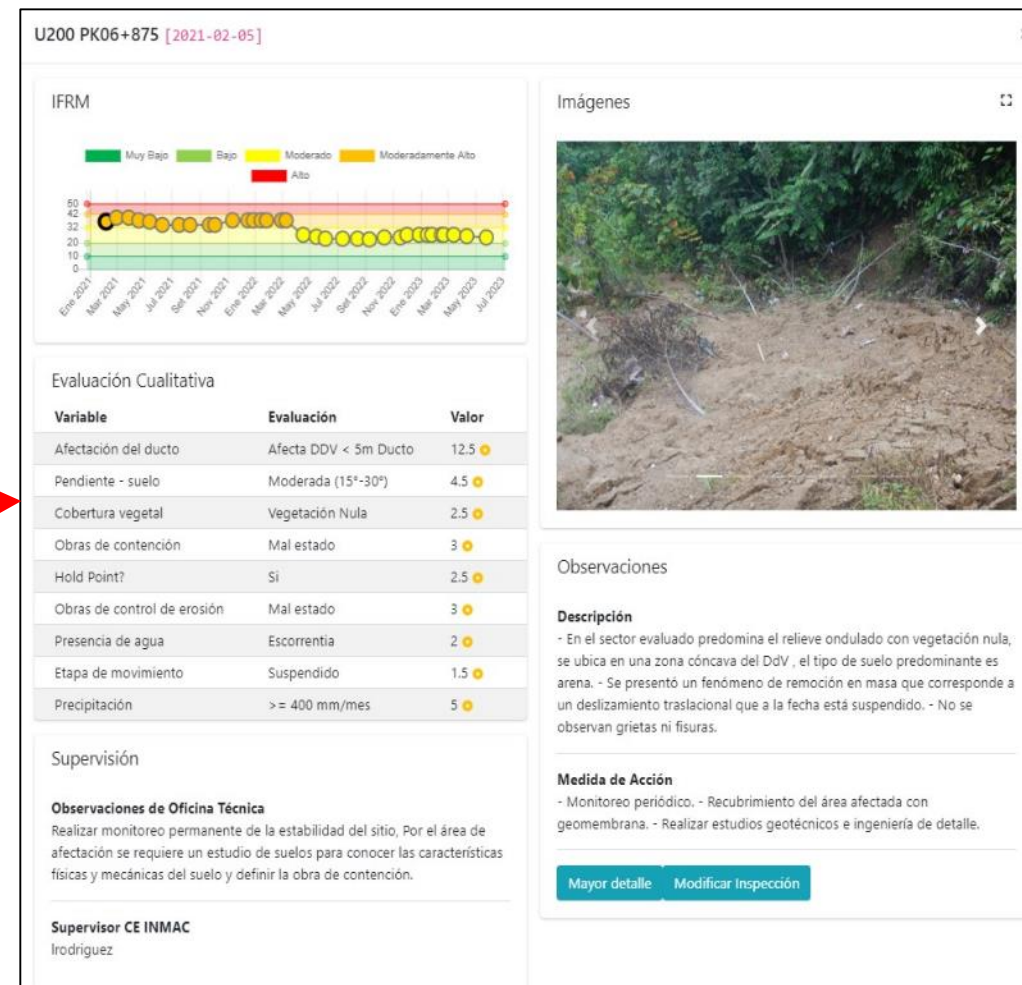
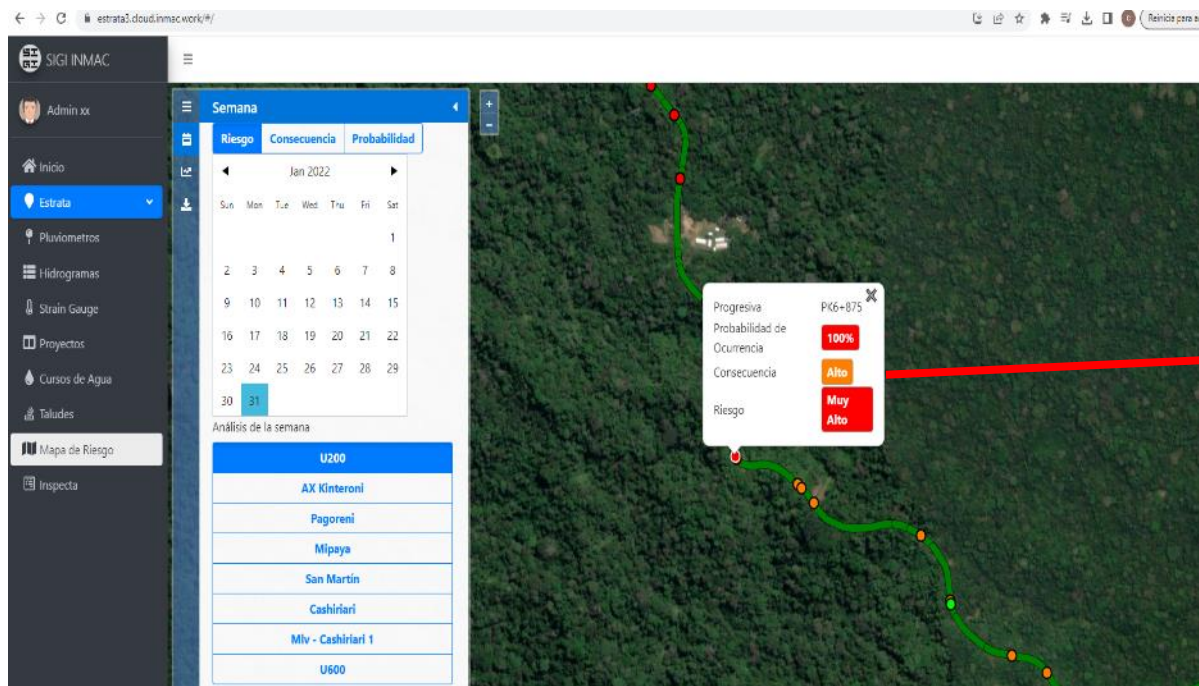


EJEMPLO DE IMPLEMENTACION DE ALERTA





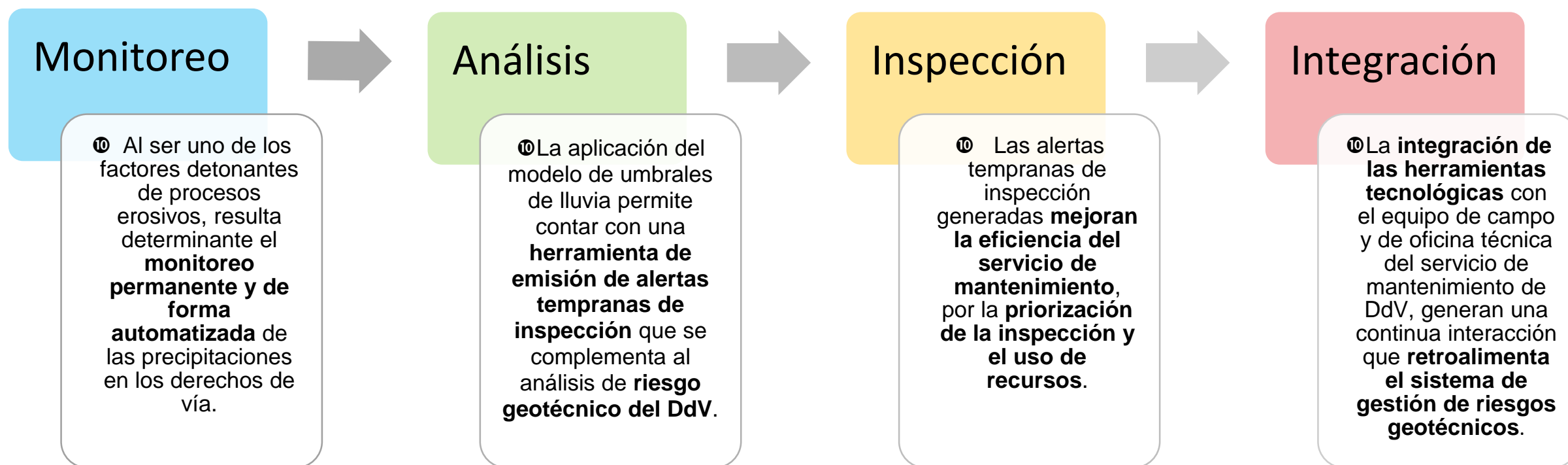
EJEMPLO DE IMPLEMENTACION DE ALERTA



Identificación de hallazgo mediante inspección directa en campo por especialistas.



CONCLUSIONES



IPG 2023

INTERNATIONAL PIPELINE GEOTECHNICAL CONFERENCE

23 y 24 de Noviembre. Bogotá D.C. - Colombia

Con el apoyo de:



Organiza:

C-IPG
Comité Técnico IPG

+



MUCHAS GRACIAS



6ª CONFERENCIA INTERNACIONAL GEOTECNIA DE DUCTOS