



Instituto Nacional de Innovación Agraria



PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego

0

PRESENTACION DE RESULTADOS DEL PROYECTO 093_PI

Implementación del riego automatizado y mejora de la calidad de aguas no seguras para la agricultura mediante un sistema de tratamiento de aguas con iones ferrato (VI) en el Centro Experimental La Molina

Investigador Responsable
Ing. Percy Edilberto Medina Morales

La Molina, 30 de julio 2020



Instituto Nacional de Innovación Agraria



EQUIPO TECNICO Y ALIANZA ESTRATEGICA

Investigadores INIA	Función	Universidad de Lima	Función
Ing. Percy Medina Morales	Investigador Responsable	Dr. Erich Saettone Olschewski	Docente -Investigador
Ing.. Juan Carlos Vílchez Melo	Asistente de investigación	Msc. Javier Quino Favero	Docente -Investigador
Bach. Ángel Javier Chambergo	Tesista	Bach. Paloma Mogrovejo García	Tesista
Bach. Yudith Arroyo	Asistente administrativo	Bach. Renato Cocchella Beas	Tesista
		Bach. Patricia Prieto Veramendi	Tesista



Trabajando para todos los peruanos

PROBLEMATICA

Aguas de riego CONTAMINADAS



Aguas de riego provenientes de la captación del río Rímac



Orgánicos

- Aguas residuales domesticas.
- Plaguicidas.
- Microorganismos patógenos.



Inorgánicos

- Metales Pesados (Ar, Pb,Hg,etc).
- Ácidos residuales de las Industrias.





Instituto Nacional de Innovación Agraria



PERÚ

Ministerio de Agricultura y Riego



Vertimientos de aguas residuales

Poblacionales: bacterias patógenas y parásitos, carga orgánica, nutrientes.

Pasivos mineros: drenaje ácido de mina

Industriales: Metales y elementos tóxicos





Instituto Nacional de Innovación Agraria



PERÚ

Ministerio de Agricultura y Riego



Botaderos de Residuos sólidos

Lixiviación en época de lluvias.

Metales y elementos tóxicos





Instituto Nacional de Innovación Agraria



PERÚ

Ministerio de Agricultura y Riego

PROPÓSITO

Mejorar la calidad del agua para riego a través de la implementación de una unidad automatizada que remueve sustancias y microorganismos contaminantes, controla el pH y controla la frecuencia e intensidad de riego por goteo, evaluado a través del cultivo.



Trabajando para todos los peruanos





Instituto Nacional de Innovación Agraria



PERÚ

Ministerio de Agricultura y Riego

OBJETIVOS ESPECÍFICOS



Objetivo 1.

Desarrollo de la unidad automatizada de tratamiento y riego para el Centro Experimental La Molina



Se construyeron 2 módulos automatizados para el tratamiento de aguas con iones de ferrato (VI) para el riego en cultivos de frijol, lechuga y rabanito en el Centro experimental La Molina, mediante dos experimentos para el diseño y construcción de la unidad automatizada

Objetivo 2.

Implementación e instalación de la unidad automatizada en el Centro Experimental La Molina y la Estación Experimental Agraria de Moquegua.



Se implementó, instaló y puso en funcionamiento 2 unidades semi automatizadas de tratamiento y riego para el Centro experimental La Molina

Objetivo 3.

Evaluación de la calidad del agua tratada con la unidad automatizada en el Centro Experimental La Molina



Reducción de la concentración del arsénico desde 500 $\mu\text{g/L}$ hasta $31.1 \pm 1.6 \mu\text{g/L}$. Esta concentración de arsénico remanente cumple con el ECA para agua de riego.



Desinfección en agua real para riego con bacterias propias contra varias concentraciones de ferrato (VI). El resultado de la desinfección fue una disminución del número de bacterias del orden de dos logaritmos con la máxima dosis, utilizando una dosis de 3,0 mg FeO_4^{2-} por litro y cuatro reducciones logarítmicas con 5,5 mg FeO_4^{2-} por litro.

Objetivo 4.

Comparación de los efectos fisiológicos del cultivo del frijol canario 2000 regado con agua tratada frente al agua sin tratar en el Centro Experimental La Molina



Evaluación de concentración de 29 metales en cultivo de frijol canario El muestreo de raíz, tallo y hojas del cultivo, método de espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente. Prueba Tukey mostró la inexistencia de diferencias estadísticas entre los promedios para las concentraciones de metales entre el tratamiento t1 (riego con agua tratada con iones ferrato VI) y t2 (riego con agua sin tratar) en los 29 metales, sin embargo, la concentración para 15 metales son menores en t1 respecto a t2. No hubo diferenciación estadística en las fases fenológicas y fisiología del cultivo.



Objetivo 5.
Comparación de la calidad
de lechuga y rabanito
regado con agua tratada y
con agua sin tratar en el
Centro Experimental La
Molina



Se evaluó la calidad de lechuga, del 50% de la cabeza de lechuga, aumento la presencia de larvas de *Spodoptera eridania* y fue más notorio en aguas sin tratar. El crecimiento y desarrollo fisiológico en la plantas de lechuga con agua tratadas tuvo mayor rendimiento en peso de cabeza 48 tn/ha, sin tratar fue 43 tn/ha En cuanto a rabanito con agua tratada fue 24 tn/ha y sin el agua tratada fue de 30 tn/ha. En cuanto al estado fitosanitario: Se tuvo mayor incidencia de *Liriomyza huidobrensis* en aguas sin tratar. La incidencia de pulgones en ambos tratamiento no fue significativo. La incidencia de *Cercospora* no fue muy significativo, sin embargo una ligera incidencia fue en agua sin tratar en 3 bloques. La mayor incidencia de presencia de *Spodoptera eridana* fue en agua sin tratar.

Objetivo 5. Continuación



- Rendimiento producción de lechuga cabeza cosechadas por hectárea. EL tratamiento T1 agua sin tratar (44.82 Tn/ha) tuvo un mayor rendimiento respecto al tratamiento con agua tratada con 38.81 (Tn/ha).
- Peso promedio de cabeza de lechuga el tratamiento T1 agua sin tratar (551.62 g) tuvo un mayor peso con respecto al tratamiento con agua tratada con iones ferrato con 477.68 (g).
- Diámetro de cabeza de lechuga el tratamiento control T1 agua sin tratar (15.66 cm) tuvo un mayor diámetro con respecto al tratamiento T2 con 14.38 cm.
- Altura de planta en lechuga, la mayor altura fue en el tratamiento testigo T1 (14.85 cm), mientras que la menor altura de cabeza de lechuga se presentó en el tratamiento T2 (14.32 cm).
- Número de hojas de lechuga, el tratamiento testigo T1 obtuvo un mayor número de hojas internas (20 hojas) con respecto al tratamiento con agua tratada con iones ferrato (18 hojas).
- Para metales pesados los resultados obtenidos en la concentración del promedio de los metales encontrados en hojas de lechuga en (mg/kg) de acuerdo a las pruebas de Kruskal-Wallis metales versus tratamiento, nos reporta que evidencias muestrales a un nivel de significancia de 0.05, es probable que los efectos promedio de los tratamientos (agua sin tratar y agua tratada con iones ferrato) son similares para los metales Aluminio, antimonio, arsénico, bario, berilio, boro, cadmio, calcio, cobalto, cobre, cromo, estaño, estroncio, zinc, hierro, litio, magnesio, manganeso, mercurio, molibdeno, níquel, plata, plomo, potasio, selenio, silicio, sodio, talio, titanio y vanadio

Objetivo 6.
Fortalecimiento del Centro
Experimental La Molina y la
Estación Experimental Agraria de
Moquegua



Los resultados indican que el tratamiento de riego con aguas tratadas con iones ferrato no potencia significativamente la disminución en el recuento de *Escherichia coli* totales ejercida por la desinfección y podemos concluir que el tratamiento t2, riego con agua tratada con iones ferrato (VI) sobre el cultivo de rabanito generó una disminución promedio en el recuento de *Escherichia coli* de 407 UFC/g frente al tratamiento t1. El riego con aguas sin tratar que en promedio para el recuento de *Escherichia coli* resultó 1016 UFC/g; sin embargo, la prueba de comparación de promedios Tukey demostró la inexistencia de diferencias estadística al comparar el recuento de las poblaciones de *Escherichia coli* entre los tratamientos t1 y t2.

METODOLOGIA



Modulo automatizado para remoción de metales y microorganismos



Para la dimensión del reactor de ferrato(VI) se utilizó el método espectrofotométrico,

La planta piloto de tratamiento de agua



Reservorio con capacidad de 10,000m³, dimensionado para tratar 26 L/min, 8m³ por día, para regar ½ hectárea por cultivo

Campo de cultivo experimental



Campo experimental de media hectárea, la cual se dividió en 8 parcelas de 625 m² (50 m x 12,5 m) cada una. Se instaló cinta de riego, separado 75 cm entre ellos

El contenido de metales pesados y arsénico



Técnica de espectroscopía de masa con plasma acoplado inductivamente, ICPMS. El pH y la CE. medido con multiparámetro Hach, turbidez con turbidímetro Lovibond DBO inculo de cultivo DBO, Polyseed, y Medidor de (DBO) Hach, por 5 días



Instituto Nacional de Innovación Agraria



INDICADORES Y MEDIOS DE VERIFICACION

Propósito

Indicador

Agua de riego con bajos niveles de metales pesados, microorganismos patógenos y con límites máximos residuales de plaguicidas permitidos aptos para la agricultura.

Obj. 1

Indicador:

Unidad Semi automatizada de tratamiento y riego para el CELM

- Artículo científico
- Informe técnico

- Informe técnico
- Inf. de experimento



INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA

Proyecto N° 093_PI

"Implementación del riego automatizado y mejora de la calidad de aguas no seguras para la agricultura mediante un sistema de tratamiento de aguas con iones ferrato (VI) en el Centro Experimental La Molina y la Estación Experimental Agraria Moquegua"

Informe técnico del propósito

Investigadores INIA:
Percy Medina Morales
Juan Carlos Véliz Mélo

Investigadores Universidad de Lima:

Frick Santoro Obachewski
Silvia Ponce Álvarez
Javier Quino Favero
Fabrizio Paredes Larrea
Raul Uyzeguere Pérez

Lima, Julio 2020



"Decreto de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"

INFORME

INDICADOR DE OBJETIVOS ESPECIFICOS 01 y 02

- Desarrollo de la unidad automatizada de tratamiento y riego para el Centro Experimental La Molina
- Implementación e instalación de la unidad automatizada en el Centro Experimental La Molina

Elaboración: Mario Arturo Andrés Alarcon Castro.

14 de marzo de 2017



Evaluación del tratamiento de agua con cloruro férrico y ferrato(VI) para el riego de hortalizas.

J. Quini¹, K. Vargas², E. Rojas, J. Vilchez³, M. Alarcón⁴, F. Pereda⁵, B. Eyzaguirre⁶, S. Ponce⁷, S. Sotomayor⁸

¹ Grupo de Investigación en Sistemas Tecnológicos para el Medio Ambiente, Instituto de Investigación Científica, Universidad de Lima, Perú.

² Instituto Nacional de Innovación Agraria, Ministerio de Agricultura y Riego, Perú.

³ Centro de Investigaciones Tecnológicas, Universidad de Lima, Perú.

RESUMEN
Palabras clave: Ferrato(VI), Metales, Pesados, Análisis, Microorganismos Patógenos, Hortalizas.

Abstract

INTRODUCCION

La creciente necesidad que se evidencia en relación a los aguas de riego, respecto al problema que se tiene con los metales pesados como cadmio, amonio, níquel y plomo, presentes en el agua residual utilizada para riego, resulta principalmente en que pueden ser acumulados en plantas de hortalizas. Esto hace peligrar su calidad y seguridad, ya que estas contienen altos niveles de nitratos, calcio y otros nutrientes. En consecuencia, se han desarrollado métodos para eliminarlos, como el uso de iones ferrato (VI) (Quini et al., 2017; Quini y Eyzaguirre, 2017; Quini et al., 2018; Quini et al., 2019; Quini et al., 2020). Este informe describe el uso de la tecnología de riego automatizado para el riego de hortalizas, se reporta una experiencia realizada en la unidad de riego automatizado de aguas no seguras, en la Estación Experimental Agraria Moquegua, en la ciudad de Moquegua, Perú, el 2020. El objetivo principal de este informe es evaluar la calidad del agua de riego tratada con iones ferrato (VI) en la Estación Experimental Agraria Moquegua, en la ciudad de Moquegua, Perú, el 2020. El informe describe el uso de la tecnología de riego automatizado para el riego de hortalizas, se reporta una experiencia realizada en la unidad de riego automatizado de aguas no seguras, en la Estación Experimental Agraria Moquegua, en la ciudad de Moquegua, Perú, el 2020. El objetivo principal de este informe es evaluar la calidad del agua de riego tratada con iones ferrato (VI) en la Estación Experimental Agraria Moquegua, en la ciudad de Moquegua, Perú, el 2020.



"Decreto de la igualdad de oportunidades para mujeres y hombres"

"Acto de la universidad de la salud"

INFORME EXPERIMENTO 2

DISEÑO DE SISTEMA DE PRODUCCIÓN AUTOMATIZADA DE IONES FERRATO (VI) EN SOLUCIÓN ALCALINA.

Elaboración: Mario Alarcon Castro

Lima, 12 de julio de 2017



Instituto Nacional de Innovación Agraria



PERÚ Ministerio de Agricultura y Riego

Obj. 5

Pruebas de concentración de metales por efecto del riego con agua tratada y sin tratar en el cultivo de lechuga.

Ficha e informes de experimentos

FICHA DE REPORTE DE EXPERIMENTO - Nº 05	
Nombre de Proyecto:	Implementación del riego automatizado y mejora de la calidad de aguas en sistemas para agricultura mediante el sistema de tratamiento de aguas con lentes ferratas (VF) en el Centro Experimental La Molina y la Estación Experimental Agraria Mosquillas.
Código:	002_P1
Investigador principal:	Gustavo Sierra Alc. Sánchez
Dependencia del INIA (SEA):	CENTRO EXPERIMENTAL LA MOLINA
Título de Experimento:	Concentración de metales en el cultivo de lechuga obtenida de ser regadas con aguas de agua tratada con lentes ferratas (VF) y aguas de agua sin tratar en el cultivo de lechuga. Se realizó el tratamiento de riego utilizando el diseño completamente al azar con 5 repeticiones para cada tratamiento. El experimento se realizó mediante selección de muestras de aguas del cultivo de lechuga que fueron posteriormente analizadas por el método de Método Oficial AOAC 2012.01 (Método Práctico de Absorción Atómica) mediante espectroscopía de absorción atómica para determinar la presencia de metales pesados en el cultivo de lechuga.
Breve Descripción del experimento realizado:	Se realizó el experimento para evaluar la concentración de metales en el cultivo de lechuga regada con agua tratada y agua sin tratar para el método de absorción atómica. La concentración en planta regada con agua tratada es mayor que la regada con agua sin tratar. La distribución de metales por elemento fue: Hierro, Calcio, Magnesio, Nitrógeno, Sodio, Potasio, Fósforo, Azufre, Boro, Zinc, Cobre, Manganeso, Aluminio, Silicio y Estroncio. Resultados: Hierro, Calcio, Magnesio, Nitrógeno, Sodio, Potasio, Fósforo, Azufre, Boro, Zinc, Cobre, Manganeso, Aluminio, Silicio y Estroncio.
Objetivo / Actividad:	Objetivo: 0244 Tipo: Cultivo: Cereales
Período (inicio y término del experimento):	2 meses 02 días
Duración (meses y días):	2 meses 02 días
Ubicación del experimento:	Centro Experimental La Molina - Lima
Resumen, materiales y equipos utilizados:	1. Sistema de riego instalado para el diseño experimental del proyecto INIA. Se utilizó agua de riego tratada con lentes ferratas y agua sin tratar directamente del reservorio. Equipos: Agua de riego. Materiales: Cables de riego, arcos de riego, filtros de anillos. Equipos: 2 bombas centrifugas de 1HP. Materiales: Hídrido de sodio al 50%, lentes ferratas (VF). Materiales: Instrumentos para el muestreo de metales. Equipos: Módulo de producción de lentes ferratas (VF) con 3 reactores. 2. Sub sistema de control de pH. Equipos: Cloruro férrico, Reactivo colorimétrico. Materiales: Tabla de pH de 1" x 1" tipo de vidrio, válvulas de aire. Equipos: Bomba de impulsión de agua de 1/2" 2 líneas verticales. 3. Sub sistema de medición de flujo. Materiales: Bóveda gravitatoria de 1.5 m ³ de capacidad, materiales de PVC, tangente de 50% de capacidad. Otros equipos: muestreo de lechuga, transporte muestras para el control de plagas.
Personal del proyecto que intervino en el desarrollo del experimento:	1. Herr, Juan Carlos Chávez Mejía. 2. Barr, Agustín Christian. 3. Mac, Javier Quera Fournier
Colaboradores que colaboraron en el desarrollo del experimento:	1. Lic. Ciro Sanchez Chavesman. 2. Mac, Javier Quera Fournier
Metadatos:	Se adjuntan 2 documentos: 1) agua de riego tratada con lentes ferratas 2) agua de riego sin tratar directamente del reservorio. Se adjuntan 13 fotografías. El archivo se encuentra en el repositorio de documentos de la oficina de desarrollo institucional.

Obj. 6

Pruebas de concentración de metales por efecto del riego con agua tratada y sin tratar en el cultivo de lechuga.

FICHA DE REPORTE DE EXPERIMENTO - Nº 06	
Nombre de Proyecto:	Implementación del riego automatizado y mejora de la calidad de aguas en sistemas para agricultura mediante un sistema de tratamiento de aguas con lentes ferratas (VF) en el Centro Experimental La Molina y la Estación Experimental Agraria Mosquillas.
Código:	002_P1
Investigador principal:	Perry Ediberto Medina Morales
Dependencia del INIA (SEA):	Centro Experimental La Molina
Título de Experimento:	Pruebas de recuento de E. coli por efecto del riego con agua tratada y sin tratar en el cultivo de lechuga. Se realizó el tratamiento de riego utilizando el diseño completamente al azar con 4 repeticiones para cada tratamiento. El experimento se realizó mediante selección de muestras de aguas de lechuga, 100 gramos aproximadamente, que fueron posteriormente analizadas en laboratorio por el método de recuento en placa. La prueba de Tabaq mostró la resistencia de diferencias estadísticas entre los promedios para el recuento de E. coli entre el tratamiento 1) riego con agua tratada sin tratar y 2) riego con agua tratada con lentes ferratas (VF). Los resultados indican que el tratamiento de riego con agua tratada con lentes ferratas no presenta significativamente la densidad en el recuento de E. coli. Se aplicó la prueba de Tabaq y se pudo concluir que el tratamiento 2) riego con agua tratada con lentes ferratas (VF) reduce el cultivo de lechuga genera una disminución promedio en el recuento de E. coli de 407 UFC/100 g frente al tratamiento 1). El riego con agua sin tratar que es promovido para el recuento de E. coli resultó 1019 UFC/g; sin embargo, la prueba de comparación de promedios Tabaq demostró la existencia de diferencias estadísticas al comparar el recuento de las poblaciones de E. coli entre los tratamientos 1) y 2).
Breve Descripción del experimento realizado:	Se realizó el experimento para evaluar la concentración de metales en el cultivo de lechuga regada con agua tratada y agua sin tratar para el método de absorción atómica. La concentración en planta regada con agua tratada es mayor que la regada con agua sin tratar. La distribución de metales por elemento fue: Hierro, Calcio, Magnesio, Nitrógeno, Sodio, Potasio, Fósforo, Azufre, Boro, Zinc, Cobre, Manganeso, Aluminio, Silicio y Estroncio. Resultados: Hierro, Calcio, Magnesio, Nitrógeno, Sodio, Potasio, Fósforo, Azufre, Boro, Zinc, Cobre, Manganeso, Aluminio, Silicio y Estroncio.
Objetivo / Actividad:	Objetivo: 0244 Tipo: Cultivo: Cereales
Período (inicio y término del experimento):	27/08/2019 y 30/10/2019
Duración (meses y días):	2 meses 02 días
Ubicación del experimento:	Centro Experimental La Molina y Universidad de Lima. La Molina-Lima
Resumen, materiales y equipos utilizados:	1. Sistema de riego instalado para el diseño experimental del proyecto INIA. Se utilizó agua de riego tratada con lentes ferratas y agua sin tratar directamente del reservorio. Equipos: Agua de riego. Materiales: Cables de riego, arcos de riego, filtros de anillos. Equipos: 2 bombas centrifugas de 1HP. 2. Sub sistema de lentes ferratas (VF). Materiales: Hídrido de sodio al 50%, lentes ferratas (VF). Materiales: Instrumentos para el muestreo de metales. Equipos: Módulo de producción de lentes ferratas (VF) con 3 reactores. 2. Sub sistema de control de pH. Equipos: Cloruro férrico, Reactivo colorimétrico.



Instituto Nacional de Innovación Agraria

CONCLUSIONES



PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego

- Se logro obtener 02 módulos de automatizados para el tratamiento de aguas con iones de ferrato (VI) para el riego en cultivos de frijol, lechuga y rabanito
- El tratamiento de aguas de riego con iones ferrato (VI) disminuye la concentración de metales
- Para parámetros: pH, turbidez y conductividad, el tratamiento de con iones ferrato (VI) logra reducir y mantener dentro de los Estándares de Calidad Ambiental para agua de riego.
- El uso de ferrato (VI) fue efectivo para desinfectar tanto el agua contaminada con la bacteria modelo *Salmonella typhimurium* como con las bacterias propias del estanque del INIA, en primer caso se redujo la carga bacteriana más de cuatro órdenes de magnitud con dosis de 5,5 mg FeO²⁻, mientras que en el segundo caso hubo disminución de dos órdenes de magnitud aplicando 3,0 mg FeO²⁻.
- El crecimiento y desarrollo fisiológico en las plantas de lechuga fueron mayores con el agua sin tratar, sin embargo, con el agua sin tratar presentaron más daños por plagas y enfermedades.
- El tratamiento t2, riego con agua tratada con iones ferrato (VI) sobre el cultivo de rabanito generó una disminución promedio en el recuento de *E. coli* de 407 UFC/g frente al tratamiento t1.

FOTOGRAFÍAS

Factores que alteran la Calidad de los Recursos Hídricos

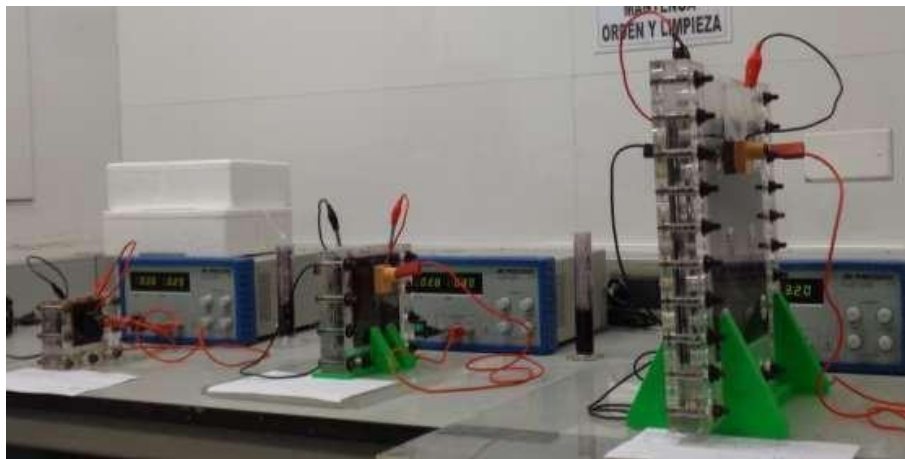
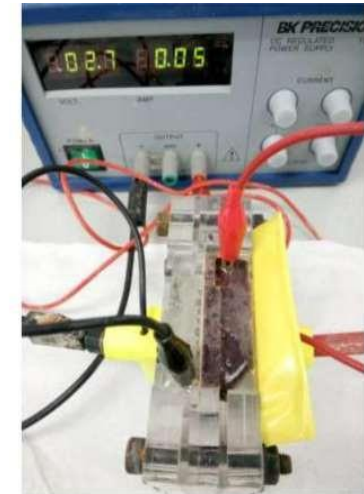
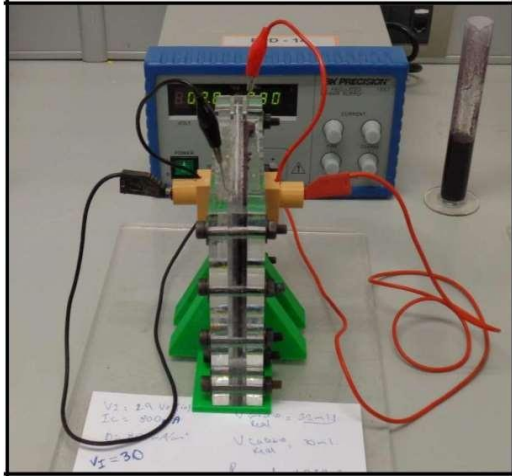


Laguna Ticticocha (Naciente Río Rímac)

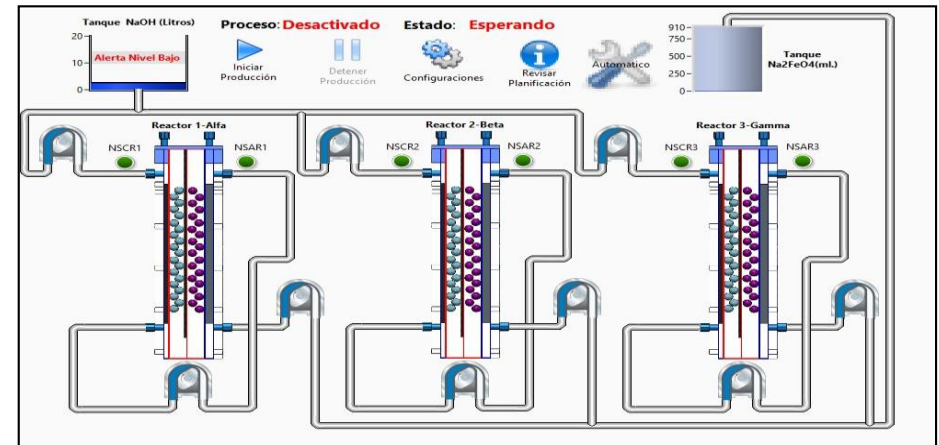
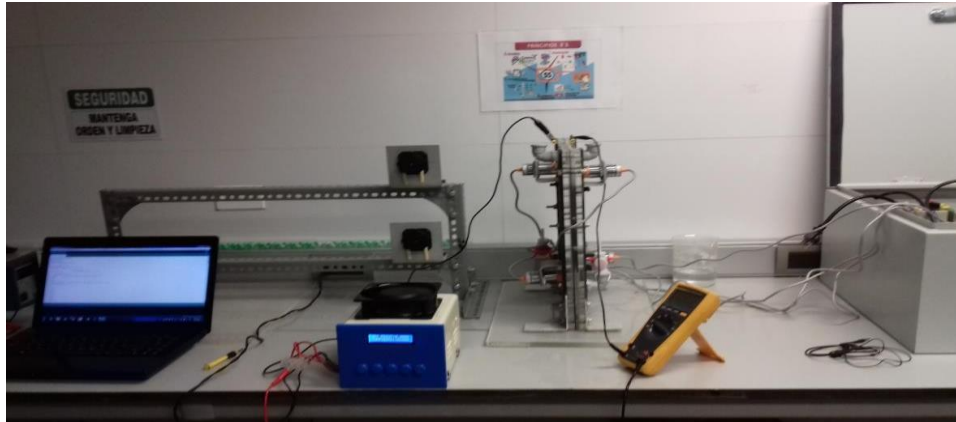


Muestreo a la altura de la minera NYRSTAR CORICANCHA, Tamboraque

Diseño de reactores de iones de ferrato(VI)



Implementación y construcción del modulo semi automatizado



Set Point: 2.5 Duración del Proceso: 0 Horas 10 Min. Duración de la Reacción: 00:02

Pronóstico Segun Set Point

	N° de Reactor	Tiempo	Producción
Arranque	3	0	
Fin de arranque	3	0.033	9
secuencia 2	1	0.066	3
secuencia 3	2	0.099	6
secuencia 4	1	0.132	3
secuencia 5	2	0.165	6

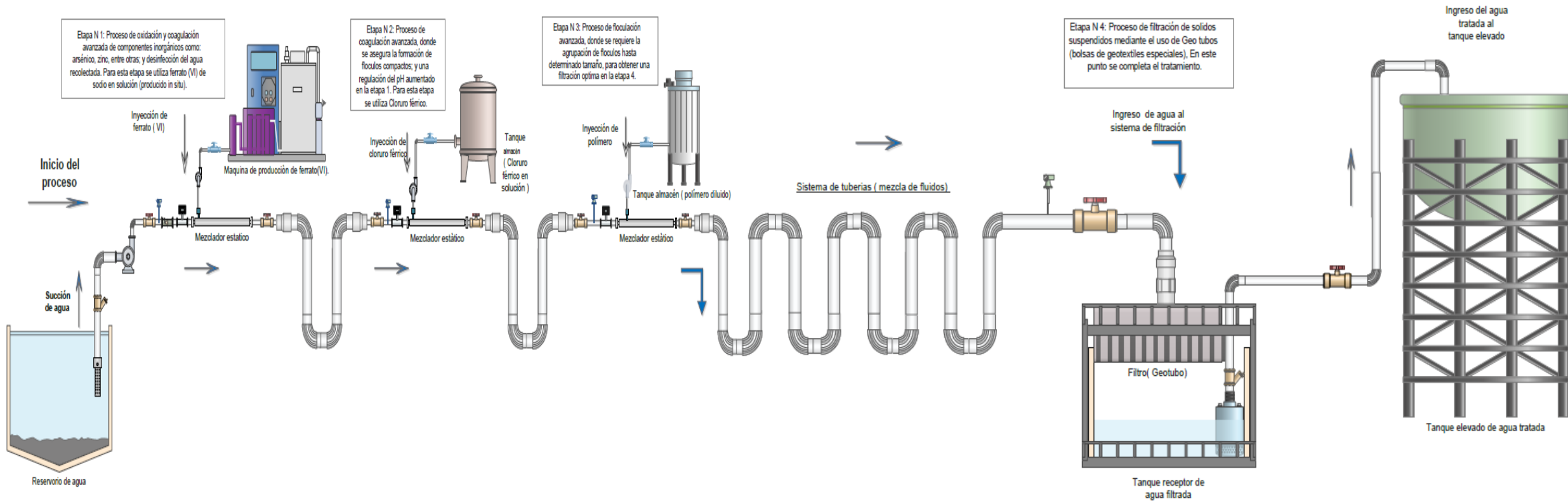
Valor vs Time graph showing production levels over time.

Num. Reactores
 Producción
 Resto por Corrida
 Stock de Seguridad Acumulado
 % de Stock
 Exceso por Corrida
 Exceso por Corrida Acumulado

Ejecutar Cancelar



MODULO AUTOMATIZADO DE TRATAMIENTO DE AGUA, UTILIZANDO IONES FERRATO(VI) PRODUCIDOS IN SITU





Instituto Nacional de Innovación Agraria



PERÚ

Ministerio de Agricultura y Riego

Investigación en campo de cultivo de frijol en el CELM





Instituto Nacional de Innovación Agraria



PERÚ

Ministerio de Agricultura y Riego

Investigación en campo de cultivo de lechuga en el CELM





Instituto Nacional de Innovación Agraria



PERÚ

Ministerio
de Agricultura y Riego

Muchas gracias

Ing. Percy Medina Morales