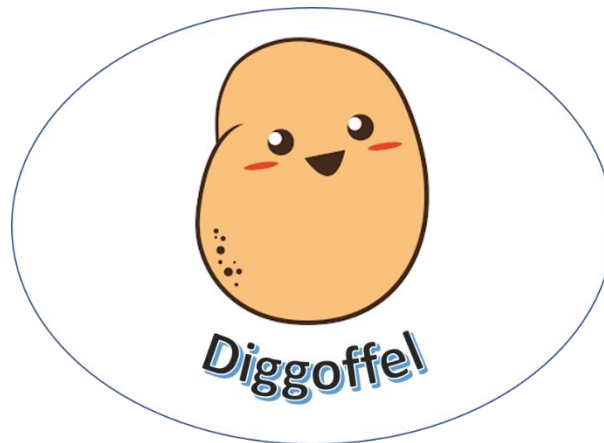


TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO  
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE URUAPAN

1



*David A. Pantoja García*

*Dowson G. González Cortés*

*Salvador Morado Quiroz*

*Arturo Sánchez Chávez*

**PROYECTO MULTIDISCIPLINARIO  
INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR DE  
URUAPAN**

*Ing. Jonatan Zacek Alcázar Jurado*

*León, Guanajuato; 22 de septiembre de 2022*

## CONTENIDO

Estado del arte .....	3
Análisis de la problemática .....	5
Propuesta de solución .....	7
Modelo de negocios.....	11
Desglose de costos.....	12
Referencias bibliográficas .....	14

### **Estado del arte**

En la actualidad para la cosecha de la papa en la mayoría de los lugares productores se realiza manualmente, lo que incrementa el costo en mano de obra, precisa de trabajadores para realizar la recolección, clasificación, embalaje, y transporte del producto, que eventualmente aumenta el tiempo de producción.

### **Nivel internacional**

Se utilizó el “Diseño y optimización de una clasificadora automática de limones” de (Gonzales, 2012), se diseñó para optimizar el sector agrícola en la región de Apatzingán, Michoacán; el autor utilizó información de National Instruments, con lo cual se procesó por medio de imágenes el total control del sistema diseñado, puesto que la máquina clasificadora de limones es capaz de separar los limones verdes buenos de los malos, los partidos y los afectados con diversidad de defectos, que son separados en diversos estantes, y le otorgan su cualidad de automática a la máquina.

Así mismo, con el presente diseño se logró resolver muchos inconvenientes al momento del empaque y selección de limones; al poner en marcha la máquina se obtuvo resultados favorables como el menor costo de producción, rapidez y mejor calidad de clasificación de limones.

Fragmento de información extraída de: Eduardo Oporto Mejía. (2021)

*Máquina clasificadora de papas en el valle de tambo.* Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica.

## Nivel nacional

Teniendo como guía la tesis de “Diseño de máquina clasificadora de tunas teniendo en cuenta como parámetro su peso específico” (Mamani, 2013), su diseño utiliza una cinta transportadora para poder realizar la selección gracias a unas charolas que controlan el peso del producto, para luego ser depositado a la cinta transportadora, que es accionada por un motor eléctrico, y que durante el recorrido (con ayuda de mano de obra) se realiza la extracción del producto defectuoso introduciéndolo en un depósito diferente, así como el producto que no es compatible para la selección por peso.

Fragmento de información extraída de: Eduardo Oporto Mejía. (2021)

*Máquina clasificadora de papas en el valle de tambo.* Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica.

## Nivel local

Corporación Industrial Uruapan (CIU) es una empresa orgullosamente mexicana que cuenta con más de 30 años de experiencia en el sector postcosecha y que, a lo largo de estos años, ha logrado mejorar y perfeccionar la calidad de sus equipos siguiendo sus principales valores de calidad y satisfacción de sus clientes. En la actualidad, CIU cuenta con un área especializada para el desarrollo de software conformada por un grupo multidisciplinario de ingeniería, dedicado a diseñar, desarrollar e implementar el sistema óptico, electrónico y de software que, posteriormente, se integra al sistema de clasificación CIU. El sistema se visión se puede configurar de acuerdo al tipo de clasificación que se desea hacer del producto. Se ofrecen 3 opciones de sistema:

- RealVision: integra cámaras a color o infrarrojas, inspecciona la fruta desde un solo ángulo y que se torna óptima para tomate, guayaba, limón italiano o en general para frutas claras;
- DualVision: la fruta es inspeccionada desde dos ángulos diferentes, lo que incrementa la precisión en las mediciones. Empleado también para los mismos productos (frutas y hortalizas) que RealVision.
- VisionPro: combina cámaras de color con cámaras infrarrojas para obtener las cualidades de ambas tecnologías. Esta configuración puede usarse en productos de color oscuro como, limón persa, pimienta y pepino. Una de sus principales ventajas es determinar con mayor precisión, aspectos referentes a la forma para pimienta, pepino, tomate, y defectos en aguacate y limón. En el caso específico del aguacate, se puede detectar y diferenciar defectos como la roña, quemadura de sol, gusano barrenador, alga, clavo, viruela, varicela, daño mecánico y rozadura. Para obtener un mejor resultado en esta clasificación, se recomienda que la clasificadora se encuentre en condiciones óptimas de calibración, iluminación y limpieza.

México: Las máquinas clasificadoras computarizadas de Corporación

Industrial Uruapan, 2019

### **Análisis de la problemática**

La agricultura en México es un tema de suma importancia: en 2022 el Producto Interno Bruto (PIB) ha llegado a \$356.781 millones de pesos, que representa el 4% de lo principal que se cultiva en México, y con ello una cuantiosa suma de dinero. Es importante mencionar que en México no se le ha dado su debida importancia dentro de la industria 4.0 ni en el IoT, por lo que existe una gran área de oportunidad para los proyectos de

automatización e innovación tecnológica. Tan solo en lo referente al cultivo de la papa, en nuestro país no existe un sistema seleccionador inteligente que ayude a automatizar el proceso de separación entre primera, segunda, y tercera calidad, junto con el desecho, que actualmente se realiza de una forma rústica, desenterrando y dejando expuestos los tubérculos, para que posteriormente los recolectores seleccionen y encostalen las papas a mano, lo que naturalmente se deriva en un procedimiento lento, costoso y con un alto margen de error humano. En primer lugar, se corre el riesgo de una mala selección ya que al ser un proceso basado enteramente en el factor humano puede llevar a tener clasificación deficiente, sea por factores de equivocación, desconocimiento o malas prácticas; en segundo lugar, el tiempo en que ésta se lleva a cabo es sumamente ineficiente y precisa de una considerable cantidad de recolectores simultáneos, que impacta en los costos de cosecha de la papa; y en tercer lugar, es necesario repasar la parcela para hacerse con todos los tubérculos, encostarlos y transportarlos a su almacenamiento. Otro factor crucial que a día de hoy impacta enormemente los bolsillos de los productores de papas que deciden dar el paso a procesos automáticos y semiautomáticos es la verificación de la salud de sus productos, que puede mermar sus beneficios al punto de no dejarles ganancia a las familias que subsisten de tan valioso tubérculo.

## Propuesta de solución

Desarrollar una maquinaria completa que sea capaz de efectuar dentro de la misma todos los procesos de recolección de papas, limpieza, clasificación, evaluación de calidad, empaque y pesado de los costales producidos.

Se aborda la problemática teniendo en mente que los agricultores cuentan con (o tienen acceso) máquinas remolcables de extracción de papas, tales como las ofrecidas por distribuidores como IMAC o Grimme, con el objetivo de hacer más accesible nuestra maquinaria al tiempo de aprovechar los aditamentos con los que ya cuentan los agricultores.

## Etapa de recolección

El proceso completo del sistema comienza mediante el enganche de nuestra máquina a la excavadora de papas, de donde extrae además el movimiento rotatorio de su eje trasero, tal como ilustra la imagen a continuación:



## Etapa de clasificación

La segunda etapa consta de una caja con tres rejillas metálicas casi paralelas al suelo (con una ligera inclinación hacia la parte posterior), un espaciado de 12 centímetros entre cada plancha, y orificios prefabricados y seleccionados según las necesidades del usuario. Las rejillas con las perforaciones de mayor tamaño son colocadas en los niveles más altos,

mientras que las más finas se ubican en los más bajos, con el objetivo de filtrar los diferentes tamaños de papas según su posibilidad de entrar por los orificios de cada una de las placas. Todo el juego de rejillas se somete a vibraciones constantes alimentadas por el movimiento rotatorio del eje del aditamento excavador, y donde tales vaivenes se encargan de remover la tierra de las papas al tiempo que se hacen rotar por toda la longitud de la rejilla.

Las papas de mayor tamaño se conservarán en la plancha más alta, mientras que las de tamaño medio irán por el nivel central y las más chicas se mantendrán en la rejilla más baja. Todos los objetos de menor tamaño a los tubérculos menores deseados (sean papas o materiales no deseados) serán descartados luego de caer de la rejilla más baja.

Las rejillas están disponibles en tamaños estandarizados según las dimensiones medias de papas de diferentes clases (ver tabla a continuación), aunque está la posibilidad de producirlas con aberturas de tamaños intermedios o de acuerdo a especificaciones del cliente, lo que favorece a la versatilidad de clasificación del producto.

<b>Denominación común</b>	<b>Denominación INAP</b>	<b>Peso (gramos)</b>	<b>Diámetro mayor (cm)</b>
Toda gruesa	Gruesa	Mayor a 90	Mayor a 8
Gruesa	Primera	60 a 90	7 a 8
Redroja	Segunda	40 a 60	6 a 7
Redrojilla	Tercera	20 a 40	5 a 6
Fina	Desecho	Menor a 20	Menor a 5



## **Etapas de control de calidad**

Durante esta etapa la máquina se vale de un segmento dedicado a la evaluación visual de los productos ya clasificados y limpiados mediante vibraciones, a través de cámaras de alta calidad de imagen que toman fotografías a las papas que transporta el sistema. Las imágenes capturadas por estas cámaras son enviadas a un Raspberry Pi que contiene una Inteligencia Artificial y, valiéndose de una nutrida base de imágenes comparativas, puede determinar las papas que sean idóneas, las manchadas y las deformes, que serán tratadas de una u otra forma.

Las papas en buen estado continúan su recorrido por el sistema de la maquinaria, mientras que las manchadas y deformes son desviadas por actuadores electromecánicos y destinadas a un contenedor de productos no deseables para usarse en lo que el cliente considere prudente.

## **Etapas de encostado y pesaje**

Después de la selección de la papa, mediante una pequeña banda transportadora se dirige la papa seleccionada a un sistema de resbaladillas, en el cual se utiliza la gravedad para el proceso de encostamiento; se hará uso de un brazo robótico que corrugará el costal, logrando sujetarlo y posicionarlo paralelamente a la resbaladilla, de tal manera que los costales se encontrarán sujetos a un lado de la misma, en un sistema mecánico de resortes calibrados que fungirán como compuerta. Al llegar al peso calibrado, dicha compuerta va a abrirse y durante este proceso se sellará el costal mediante un asa, posteriormente después de sellar, el asa soltará al costal y este se deslizará por una resbaladilla hasta llegar al suelo y ser posteriormente recogido.

## **Estudio de Factibilidad**

### **Factibilidad Técnica**

Es altamente factible la realización del prototipo debido a que Grupo Plasma Automation (GPA) cuenta con la infraestructura, técnicas de manufactura y conocimientos necesarios para la construcción e implementación la maquinaria propuesta de forma estructurada. Por otro lado, la posibilidad de acoplar el sistema a las extractoras de papas que ya se hallan en uso en los sembradíos permite que la integración sea más viable.

### **Factibilidad Operativa**

La factibilidad es, igualmente, muy elevada, ya que la empresa cuenta con personal fuertemente capacitado en el área del desarrollo de prototipos, así como con bastos conocimientos en el diseño e integración de proyectos de automatización, por lo que eventualmente pueden continuar abonando y madurando la maquinaria.

### **Factibilidad económica**

El aspecto económico se halla suficientemente cubierto, puesto que la máquina supone un ahorro sustancial en tiempo y dinero en cuanto a la mano de obra que actualmente se precisa para la recolección, además que Grupo Plasma Automation cuenta ya con los contactos y medios para comprar/fabricar todas las piezas de la máquina a los mejores precios del mercado. Por otro lado, los usuarios potenciales que el sistema pueda adquirir una vez sea ensamblado, distribuido y vendido por GPA tienen la solvencia para hacerse con la maquinaria.

## Modelo de negocios

Aliados clave	Actividades Clave	Propuesta de Valor	Relación con el Cliente	Segmentos de Clientes
<ul style="list-style-type: none"><li>Grupo Plasma Automation-GPA.</li><li>Licencias de software</li><li>Empresas de suministro de piezas y metales de GPA.</li><li>Empresas distribuidoras y comercializadoras de tractores.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Establecer una vinculación con la empresa para el desarrollo del prototipo y establecer una relación cable para lograr la distribución del aditamento y financiamiento.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Brindar a productores y cosechadores de papa una solución tecnológica la cual reduzca el tiempo de cosecha, brinde información en tiempo real para brindar un mapa de rendimiento de la de la parcela para incrementar las ganancias del campo y/o se puedan tomar decisiones estratégicas para mantener o corregir la parcela.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Contar con soporte, sobre el uso del software, para tener acceso a la base de datos en tiempo real para la toma de decisiones en la parcela de los productores.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Agricultores o dueños de parcelas de siembra y cosecha de papa que cuenten con un tractor o puedan adquirir un tractor modelo 5315 de traccion sencillo, los cuales quieran incrementar sus ingresos y deseen conocer su mapa de rendimiento para tomar decisiones para mejorar o mantener sus buenos cultivos.</li></ul>
	<b>Recursos Clave</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Sensores, actuadores, desarrolladores de software, mecánicos, Grupo Plasma Automation-GPA, sistemas manejadores de base de datos, herramientas de inteligencia artificial y otros softwares.</li></ul>		<b>Canales</b> <ul style="list-style-type: none"><li>El software y el aditamento se podrán adquirir en la empresa Grupo Plasma Automation-GPA ya que ella potenciara y apoyara el proyecto.</li></ul>	
<b>Estructura de Costes</b> <ul style="list-style-type: none"><li>Costos indirectos (Sueldos de desarrollo, Sueldos de administrativos, mano de obra, licencia de software (hosting), diseñadores, desgaste equipo de computo, servicios de oficina) : <b>\$117,611.33</b></li><li>Costos directos (Equipo de electronica, material mecanico y de computo): <b>\$353,257.20</b></li><li><b>Costo total del prototipo \$471,168.53</b></li></ul>			<b>Estructura de Ingresos</b> <ul style="list-style-type: none"><li>La venta del prototipo se vendera como un aditamento para un trator modelo 5315 de tractor sencillo, para la venta del aditamento sumaremos un 40% de ganancia para hacer un costo de venta del aditamento de <b>\$612,519.09</b> con una ganancia de \$141,350.56 por aditamento.</li><li>Tomando en cuenta que existen cerca de 110,000 productores según la Confederación Nacional de Productores de Papa de la República Mexicana (CONPAPA) tomaremos solo el 10% de ellos ya que el tamaño del productor varia demasiado teniendo un total 11,000 posibles clientes potenciales.</li></ul>	

**Desglose de costos.**

<b>TABLA DE COSTOS</b>				
Concepto	Cantidad	Unidad	Costo Unitario	Costo total
<b>COSTOS INDIRECTOS</b>				
Sueldos de desarrollo.	3	3	\$ 22,400.00	\$ 67,200.00
Sueldos de administrativos.	2	2	\$ 8,270.08	\$ 16,540.16
Mano de obra.	NA	1	\$ 13,784.96	\$ 13,784.96
Licencia de software (hosting).	NA	1	\$ 2,436.29	\$ 2,436.29
Diseñadores.	1	1	\$ 9,649.92	\$ 9,649.92
Desgaste equipo de cómputo	NA	1	\$ 5,000.00	\$ 5,000.00
Servicios de oficina	NA	1	\$ 3,000.00	\$ 3,000.00
<b>COSTOS DIRECTOS</b>				
Lámina de acero inoxidable 1/4 pulgada.	10.3	Metros Cuadrados.	\$ 967.08	\$ 127,807.42
Llantas de tractor (pequeñas).	2	Unidad	\$ 1,199.44	\$ 2,398.88
Actuadores (émbolos).	6	Unidad	\$ 1,145.66	\$ 6,873.96
Actuadores (motores de 24v).	6	Unidad	\$ 547.59	\$ 3,285.54
Baterías (12 v).	4	Unidad	\$ 250.00	\$ 1,000.00
Etiquetadora.	1	Unidad	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00
Paquete de etiquetas.	1	Paquete	\$ 8,000.00	\$ 8,000.00
Costales.	22	Paquete con 100	\$ 1,172.92	\$ 51,608.48
Raspberry PI.	1	Unidad	\$ 3,340.00	\$ 3,340.00
Aislante (esmaltes).	1	Unidad	\$ 640.00	\$ 640.00

Rodillos (transportadores).	6	Unidad	\$ 462.64	\$ 1,387.92
Banda transportadora (400 cm por linea).	1200	Centimetros	\$ 13,526.00	\$ 81,156.00
Cableado.	1	Unidad	\$ 10,000.00	\$ 10,000.00
Perfil (PTR distancia por definir 30 cm + 30 cm + 32 cm + 26 cm).	1.8	Metros	\$ 400.00	\$ 800.00
Módulo BT.	1	Unidad	\$ 200.00	\$ 200.00
Spino.	1	Unidad	\$ 300.00	\$ 300.00
Sensores (De proximidad infrarojos).	3	Unidad	\$ 125.00	\$ 375.00
Cámaras (Pequeñas).	4	Unidad	\$ 400.00	\$ 1,600.00
Leds (Grandes).	20	Unidad	\$ 330.00	\$ 6,600.00
Tablet.	1	Unidad	\$ 6,530.00	\$ 6,530.00
Bocinas.	2	Unidad	\$ 400.00	\$ 800.00
Baquelita (30 cm x 30 cm).	3	Unidad	\$ 218.00	\$ 654.00
Soldadura (MIG).	2	Unidad	\$ 600.00	\$ 1,200.00
Plástico (Policarbonato).	1	Unidad	\$ 500.00	\$ 500.00
Disipadores de calor.	1	Unidad	\$ 1,500.00	\$ 1,500.00
Ventilador (para computador).	1	Unidad	\$ 1,700.00	\$ 1,700.00
Buck (Regulador de voltaje).	1	Unidad	\$ 200.00	\$ 200.00
Sistema mecánico.	1	Unidad	\$ 1100.00	\$ 1100.00
Eje de vibración (1 mt largo x 6 cm diametro).	1	Unidad	\$ 2,000.00	\$ 2,000.00
IMAC Potato Digger	1	Unidad	\$ 20,000.00	\$ 20,000.00
Costo total del prototipo				\$471,168.53

## Referencias bibliográficas

- Gobierno del Estado de Chihuahua. (s.f.). *Análisis de competitividad*. Recuperado 22 de septiembre de 2022, de <https://chihuahua.gob.mx/atach2/sdr/uploads/File/papa.pdf>
- Debate. (2019, 9 julio). *Yara México premia a los mejores productores de papa*. EL DEBATE. Recuperado 22 de septiembre de 2022, de <https://www.debate.com.mx/estados/Yara-Mexico-premia-a-los-mejores-productores-de-papa-20190709-0063.html>
- Conpapa. *¿Quiénes somos?* Recuperado 22 de septiembre de 2022, de <https://www.conpapa.org.mx/index.php/quienes-somos>
- Molina, J. D., Santos, B. M. & Aguilar, L. (2004, enero). *Guía MIP en el cultivo de la papa*. Centro Nacional de Información y Documentación Agropecuaria. Recuperado 22 de septiembre de 2022, de <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENH10M722.pdf>
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. (2019, 20 septiembre). *La papa, el cuarto cultivo de mayor producción en el mundo*. Gobierno de México. Recuperado 22 de septiembre de 2022, de <https://www.gob.mx/siap/articulos/la-papa-el-cuarto-cultivo-de-mayor-produccion-en-el-mundo>
- IDC. (2021, 8 diciembre). *RESOLUCIÓN del H. Consejo de Representantes de la Comisión Nacional de los Salarios Mínimos que fija los salarios mínimos generales y profesionales que habrán de regir a partir del 1 de enero de 2022*. Recuperado 22 de septiembre de 2022, de <https://idconline.mx/archivos/df/2b/85ccc7b24b7e85a4fe18889d6066/resolucion-del-h-docx>
- Mejía, G. & Castellanos, J. A. (2018, agosto). *Costos de producción y rentabilidad del cultivo de la papa en Zacapoaxtla, Puebla*. Scielo. Recuperado 21 de septiembre de 2022, de [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2007-09342018001001651#:~:text=El%20tama%C3%B1o%20de%20sus%20unidades,en%20el%20mes%20de%20octubre.](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342018001001651#:~:text=El%20tama%C3%B1o%20de%20sus%20unidades,en%20el%20mes%20de%20octubre.)

*Cosecha y poscosecha – Inventario de Tecnologías e Información para el Cultivo de Papa en Ecuador.* (s. f.). Recuperado 22 de septiembre de 2022, de <https://cipotato.org/papaenecuador/cosecha-y-poscosecha/#1508259032234-bd324f26-5f81>

Torres, L., Montesdeoca, F. & Andrade-Piedra, J. (2011, abril). *Cosecha y poscosecha – Inventario de Tecnologías e Información para el Cultivo de Papa en Ecuador.* Centro Internacional de la Papa. Recuperado 21 de septiembre de 2022, de <https://cipotato.org/papaenecuador/cosecha-y-poscosecha/#1508259032234-bd324f26-5f81>