

**Instituto Tecnológico de Costa Rica**

**Escuela de Ingeniería Mecatrónica**



**Desarrollo de dispositivo dosificador de alimento para ganado lechero**

**Anteproyecto de graduación para optar por el título de Ingeniero en  
Mecatrónica con el grado académico de Licenciatura**

**Steve Alberto Mena Navarro**

**2014104192**

**Cartago, julio de 2018**

## Contenido

Contenido.....	2
Declaratoria de Autenticidad.....	3
Entorno del proyecto .....	4
Diagrama Causa – Efecto (Ishikawa).....	5
Definición del problema .....	6
<i>Generalidades</i> .....	6
<i>Síntesis del problema</i> .....	7
Enfoque de la solución .....	8
Objetivo General.....	10
Objetivos Específicos.....	10
Procedimientos para la ejecución del proyecto .....	11
Cronograma.....	13
<i>Lista de actividades</i> .....	13
<i>Diagrama de Gantt</i> .....	14
Uso de recursos.....	15
Presupuesto .....	16
Referencias .....	18
Anexos .....	19
<i>Anexo A. Carta de Aceptación</i> .....	19
<i>Anexo B. Hoja de información del proyecto</i> .....	21

## **Declaratoria de Autenticidad**

Declaro que el presente Anteproyecto de Proyecto de Graduación ha sido realizado enteramente por mi persona, utilizando y aplicando literatura referente al tema y asesoramiento técnico de miembros de Consultores en Agrogestión S.A.

Asumo completa responsabilidad sobre el trabajo realizado y por el correspondiente contenido.

Cartago, julio de 2018

Steve Alberto Mena Navarro  
Ced.: 6-0429-0112

## Entorno del proyecto

Consultores en Agrogestión S.A., es una empresa enfocada a proveer soluciones en el campo de la agronomía, la zootecnia, la administración y contabilidad especializados en el negocio lechero. Está dirigida por el Ing., MBA. Héctor León Hidalgo y está ubicada 300 metros sur del antiguo emergencias del Hospital Max Peralta, en la provincia de Cartago. [1]

La empresa se ha puesto la meta de desarrollar un dispositivo electromecánico capaz de medir y dispensar con precisión distintos alimentos para cada animal del hato lechero. Los alimentos se calculan en un software especializado en nutrición bovina.

Dicho proyecto está compuesto por los siguientes subsistemas:

- Desplazamiento del carro.
- Contención de alimentos.
- Medición de alimentos (por masa).
- Mezclado.
- Dispensado.
- Software.
- Alimentación de energía.

Actualmente el proceso de alimentación es ejecutado en forma manual por parte de los operarios de las fincas, esto genera imprecisión. A partir de una lista de vacas y sus alimentos, el operario debe utilizar recipientes graduados para medir kilos o gramos y depositarlos en el comedero de cada animal; la deposición del alimento requiere que el operario se agache o lo tire desde su propia altura, lo cual genera esfuerzo y mayor imprecisión.

El principal objetivo de este dispositivo es proveer al mercado de una herramienta que permita eliminar las imprecisiones producto del proceso de alimentación, mejorar el desempeño animal y optimizar los costos de producción de la empresa lechera.

## Diagrama Causa – Efecto (Ishikawa)

Se encontró que se hace un uso ineficiente de las materias primas en la alimentación de las vacas lecheras. Las causas de este problema se detallan en el diagrama de Ishikawa mostrado en la figura 1.

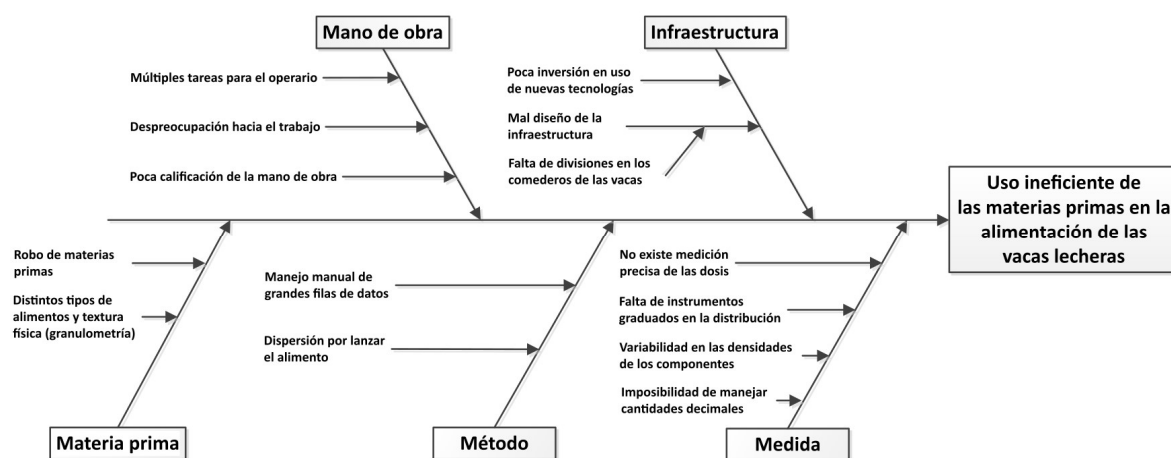


Figura 1. Diagrama Causa - Efecto

## Definición del problema

### *Generalidades*

Mediante visitas de campo se determinó que los **métodos** y las **medidas** son los que generan mayor impacto sobre la problemática. En el caso de los métodos, se requiere que el operario maneje una hoja de papel con múltiples alimentos. Esto provoca que pierda tiempo cada vez que deba consultar la hoja, que lea mal el número de fila o simplemente no la consulte por negligencia. Así mismo, la distribución de las dosis se hace con baldes y muchas veces se deposita lanzándola en el aire, lo que provoca pérdidas por dispersión.

En las medidas, los componentes de la alimentación tienen densidades variables debido a su naturaleza orgánica. Esto los hace sensibles a la temperatura y humedad. Actualmente se miden las dosis basado en sus volúmenes con copas graduadas. Sin embargo, midiendo bien el volumen las dosis no es posible asegurar que la masa esté dentro de los rangos de precisión establecidos.

### **Justificación**

La aprobación del tratado de libre comercio eliminará en 2025 los aranceles de importación de la leche [2], lo que creará una fuerte presión sobre el sector lechero nacional, quienes (debido a la globalización) se verán obligados a bajar los costos y ser más competitivos; por tanto, se hace necesario utilizar las herramientas tecnológicas para cumplir dicho objetivo. [3]

Dentro de la estructura de costos en la industria lechera, la alimentación constituye un 51,82% del precio de producción de cada kilogramo de leche. Se estimó que optimizar la eficiencia sobre la alimentación en un 5% para una ganadería de 4,8 vacas en producción por hectárea y con una utilidad neta de \$3 769 por hectárea anuales, mejoraría el margen de utilidades en 2,09%, lo que generaría ganancias de \$407 por hectárea anuales. [4]

El desarrollo de este proyecto permitirá a la empresa estar más cerca del objetivo de construir mencionado dispositivo, que pueda reducir los costos de

alimentación y generar mayores controles sobre el sistema de dosificación y alimentación.

### *Síntesis del problema*

Las materias primas para la alimentación no están siendo utilizadas eficientemente debido a que existen debilidades en los métodos de distribución e imprecisiones en la dosificación por parte de los operarios de las fincas.

## Enfoque de la solución

La propuesta de solución se enfoca en el desarrollo de los sistemas de medición de materias primas, depositado en recipientes e identificación del animal.

El primer punto de la solución consiste en desarrollar un sistema que permita medir con precisión la masa de 4 materias primas con dosis de diferentes tamaños y diferentes exigencias en la precisión tal como se muestra en la tabla 1.

**Tabla 1: Requerimientos de las dosis para cada tolva y su precisión.**

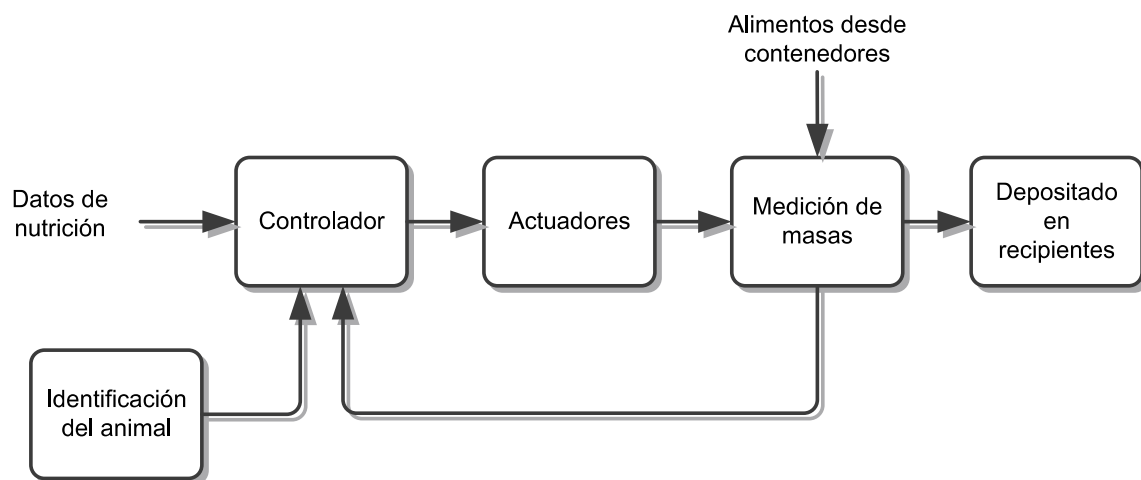
<b>Materia prima</b>	<b>Tamaño de la dosis (kg)</b>	<b>Precisión máxima requerida (g)</b>
Concentrado	1,0 – 7,0	400
Adicional	0,2 – 2,0	100
Mineral	0,05 – 0,15	10
Levadura	0,005	2

En la base de cada contenedor existirá un sistema que se encargará de mover los componentes hasta un sistema de esclusas soportado por células de carga. El contenedor de concentrado y adicional tendrán cada una su propia esclusa, mientras que la levadura y el mineral serán medidos en la misma esclusa. Cada una de ellas tendrá una compuerta que, al abrirse dejará caer el alimento a unos recipientes cuando se haya alcanzado la masa requerida.

El sistema leerá, mediante un USB, un archivo que contendrá la identificación de la vaca junto a sus requerimientos de alimentación. El usuario ingresará el número de identificación de la vaca e iniciará el proceso de dosificado. La interfaz con el usuario contendrá también una pantalla que mostrará información sobre el estado actual del sistema.

El controlador central recibirá los datos de las células de carga, el archivo de nutrición, la identificación de la vaca y enviará las señales de control para los actuadores mecánicos y la información a la interfaz de usuario. El software tendrá un sistema que verifique si el número ingresado existe en el archivo contenido. Un diagrama general de bloques se muestra en la figura 2.





**Figura 2.** Diagrama de bloques del proyecto

## Objetivo General

Crear un dispositivo capaz de medir y dispensar una receta de distintos alimentos definidos por los datos de nutrición para la alimentación de una vaca lechera con las precisiones requeridas en un tiempo menor o igual a 60 s.

## Objetivos Específicos

- Desarrollar un sistema de medición de masas para cada materia prima de la alimentación.

*Indicador:* La incertidumbre de las medidas de masa deben ser estrictamente menores que las precisiones indicadas en la tabla 1 en el 90% de los casos para cada materia prima de la alimentación.

- Diseñar el sistema encargado de transportar las materias primas desde los contenedores hasta unos recipientes.

*Indicador:* Los actuadores activados manualmente deberán depositar todos los elementos en unos recipientes en el 90% de los casos.

- Elaborar el sistema de control delegado de gobernar el funcionamiento del sistema general.

*Indicador:* Ante una entrada ingresada externamente, con los contenedores vacíos e ingresando masa al sistema de medición manualmente, en el 90% de los casos los actuadores deberán ser activados en la secuencia requerida.

- Combinar el control, el transporte y la medición en el sistema completo.

*Indicador:* Ante una entrada ingresada externamente, con alimento en los contenedores, en el 90% de los casos el sistema deberá depositar en unos recipientes los alimentos con las precisiones requeridas.

## Procedimientos para la ejecución del proyecto

En este apartado se expone la metodología que se utilizará para desarrollar la propuesta de solución. Se explican, además, las fuentes y sujetos que serán consultados, así como el procesamiento y análisis de los datos.

Durante la elaboración del presente estudio se utilizarán fuentes de información primaria y secundaria, las cuales se exponen en los siguientes párrafos.

Los sujetos de información suministrarán al investigador materia prima para desarrollar su trabajo.

Para esta investigación, los principales sujetos de información que se consultarán serán:

- *Ing., MBA. Héctor León Hidalgo.*
- *Ing. Miguel Ángel León Soler.*

Junto a los sujetos de información, el investigador también tendrá acceso a otras fuentes documentales que le permitirán desarrollar su trabajo. Las fuentes primarias que se consultarán serán:

- Fichas técnicas del concentrado, materias primas y aditivos.
- Hojas de datos de los sensores y componentes electrónicos.

Así mismo, se consultarán las siguientes fuentes de información secundarias:

- Publicaciones de la cámara nacional de productores de leche.
- Patentes de dispositivos similares.
- Documentos sobre el proceso de nutrición del ganado lechero.

La metodología que se utilizará para la implementación de la solución técnica se detalla en los siguientes párrafos.

El primer paso consiste realizar un análisis de los requerimientos y generar una lista de especificaciones técnicas.

En primera instancia, se diseñará el sistema de medición de masa. Para diseñar las esclusas, se realizará una lluvia de ideas y se seleccionarán candidatos los cuales serán valorados para elegir el mejor de acuerdo a criterio ingenieril. Posteriormente se realizarán el diseño de cada elemento para luego proceder con

la verificación del diseño mediante herramientas de software. Finalmente se construirá el diseño y se verificará su funcionamiento.

Para el transporte de las masas se plantearán propuestas de solución y se seleccionará la mejor con criterio técnico. Se procederá con el diseño y verificación de los elementos y la selección de los sensores y actuadores de acuerdo con las especificaciones requeridas. Al final se manufacturará el diseño y se verificará su funcionamiento.

Se diseñará la interfaz con el usuario y se seleccionarán los elementos necesarios para su implementación. Los códigos para la comunicación entre la interfaz y el controlador central serán escritos y verificados.

Completado esto se diseñarán e implementarán los circuitos electrónicos que permitan la comunicación de los sensores y actuadores con el controlador central, luego serán diseñados y construidos los circuitos impresos necesarios, así como las cajas de protección contra los elementos externos. Se escribirán los códigos necesarios para la comunicación de los sensores y actuadores con el controlador.

A continuación, se integrarán todas las partes del sistema y se pondrán a funcionar; ajustes o mejoras serán incluidas en esta etapa hasta cumplir con la lista de requerimientos.

Finalmente se diseñará un experimento para validar los requerimientos. Se pondrá a funcionar el dispositivo, se medirá el tiempo transcurrido desde que inicia el proceso de mezcla hasta que se deposita. Los datos obtenidos serán analizados estadísticamente para determinar si el objetivo general ha sido cumplido.

## Cronograma

### *Lista de actividades*

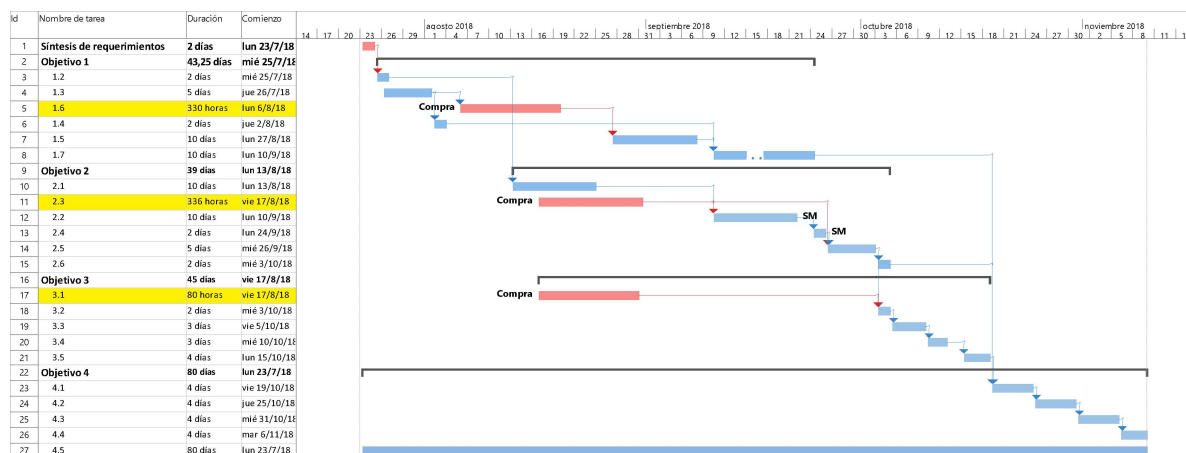
Para cada uno de los objetivos específicos se plantearon actividades que garanticen su cumplimiento. La Tabla 2 muestra el planteamiento de las actividades.

**Tabla 2.** Actividades planteadas por objetivo específico.

Objetivo Específico	Actividad
1. Desarrollar un sistema de medición de masas para cada materia prima de la alimentación.	1.1. Generar una síntesis de los requerimientos. 1.2. Realizar una lluvia de ideas para las esclusas. 1.3. Efectuar las pruebas de concepto. 1.4. Obtener una lista de especificaciones. 1.5. Elaborar el diseño de las esclusas. 1.6. Comprar los componentes necesarios. 1.7. Manufacturar el diseño.
2. Diseñar el sistema encargado de transportar las materias primas desde los contenedores hasta unos recipientes.	2.1. Generar el diseño de los contenedores y el transportador y el dispensador. 2.2. Manufacturar los componentes. 2.3. Conseguir los componentes necesarios. 2.4. Verificar el funcionamiento de los componentes. 2.5. Integrar todos los componentes. 2.6. Verificar el funcionamiento del subsistema.
3. Elaborar el sistema de control delegado de gobernar el funcionamiento del sistema general.	3.1. Comprar los componentes necesarios. 3.2. Programar la interfaz. 3.3. Implementar los circuitos electrónicos necesarios. 3.4. Generar el código para la comunicación entre los sensores, actuadores y el controlador. 3.5. Programar las secuencia de movimientos.
4. Integrar el control, el transporte y la medición en el sistema completo.	4.1. Verificar el funcionamiento general del sistema. 4.2. Diseñar el experimento estadístico. 4.3. Ejecutar el experimento diseñado. 4.4. Analizar los datos obtenidos. 4.5. Elaboración del informe final.

## Diagrama de Gantt

Tomando como referencia la organización de las actividades realizada anteriormente, en la Figura 2 se plantea un diagrama de Gantt con cada una de ellas.



**Figura 2.** Diagrama de Gantt de las actividades propuestas.

(Ruta crítica marcada en rojo)

## **Uso de recursos**

**Recurso Técnico:** Se recurrirá al asesoramiento del Ing., MBA. Héctor León Hidalgo Ing. Agrónomo quien aportará conocimiento en el área de producción lechera y administración de insumos para ganaderías y el Ing. Electromecánico Miguel Ángel León Soler, quien aportará conocimiento del área mecánica y eléctrica.

**Recurso Físico:** Consultores en Agrogestión S.A. será la empresa encargada de proveer los recursos.

**Recurso de materiales:** Las herramientas de desarrollo necesarias serán facilitadas por la empresa.

## Presupuesto

En la tabla 3 se resumen los costos y gastos del proyecto durante sus 16 semanas de duración.

**Tabla 3.** Estimación del presupuesto para el proyecto

Descripción	Cantidad	Valor estimado por unidad (colones)	Subtotal (colones)	Disponible en la empresa actualmente
<b>Materiales y Herramientas</b>				
Células de carga 5 kg	4	30.000	120.000	NO
Células de carga 0,5 kg	4	10.000	40.000	NO
Células de carga 50 g	4	10.000	40.000	NO
Amplificadores y ADC	12	6.300	75.600	NO
Servomotores	3	24.000	96.000	NO
Equipo electromecánico	1	60.000	60.000	NO
Multímetro	1	15.000	15.000	SI
Osciloscopio	1	77.000	77.000	SI
Tuercas y tornillos	1	10.260	10.260	NO
Rieles de aluminio	10	2.822	28.220	NO
Soportes esquineros	30	300	9.000	NO
Cargador de baterías	1	25.000	25.000	NO
Baterías	1	30.000	30.000	NO



Herramientas varias	1	250.000	250.000	NO
<b>Servicios Generales</b>				
Remuneración económica para proyecto de graduación	4	170.000	680.000	---
Espacio físico	4	45.000	180.000	SI
Servicio eléctrico	4	6.000	24.000	SI
Servicio de internet	4	6.000	24.000	SI
Mantenimiento computadora	1	50.000	50.000	SI
Manufactura y soldadura	1	100.000	100.000	NO
Imprevistos	1	125.000	125.000	---
<b>Total</b>			2.059.080	

Tal y como es posible observar en la tabla 3, únicamente un osciloscopio y un multímetro están disponibles en la empresa. La adquisición de los implementos necesarios no disponibles actualmente será facilitada por parte de la empresa. Su compra estará a cargo de los responsables de la empresa, ajustándose a los requerimientos del proyecto y a las restricciones económicas que puedan tener. En la sección de servicios generales se encuentran todos los gastos indirectos del proyecto, los cuales de alguna u otra forma son parte del desarrollo del mismo.

## Referencias

- [1] Consultores en agrogestión S.A., «Consultores en agrogestión S.A.,» [En línea]. Available: <http://consultoresagroges.wixsite.com/consuagro>.
- [2] M. Barquero, «Pollo, arroz y lácteos entran en ruta a libre comercio con EE. UU.,» *La Nación*, 18 Julio 2015.
- [3] J. Almeyda, «Manual de manejo y de alimentación de vacunos II: Manejo y Alimentación de vacas productoras de leche en sistemas intensivos,» 3 Marzo 2013. [En línea]. Available: <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/manual-manejo-alimentacion-vacunos-t29966.htm>.
- [4] H. León, «Eficiencia en la empresa lechera, el costo de producción,» 17 Julio 2017. [En línea]. Available: <https://www.engormix.com/ganaderia-leche/articulos/eficiencia-empresa-lechera-costo-t40957.htm>.

## **Anexos**

### ***Anexo A. Carta de Aceptación***

Julio 2018

MSc. Marta Vílchez Monge

Coordinador

Proyecto de Graduación

Escuela de Ingeniería Mecatrónica

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Por este medio le comunico que hemos aceptado que el estudiante Steve Alberto Mena Navarro, cédula 6-0429-0112, carné ITCR 201410492, realice en nuestra empresa el proyecto titulado: “Desarrollo de dispositivo dosificador de alimento para ganado lechero” a ejecutarse en un lapso mínimo de 16 semanas calendario.

Hago de su conocimiento que hemos leído y aprobado el Anteproyecto que nos ha presentado el estudiante. Dicho documento cumple con los requerimientos de nuestra empresa, quedando sujeto el inicio del proyecto a la respectiva aprobación de la Escuela de Ingeniería Mecatrónica del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

La empresa está interesada en impulsar este proyecto, y si se llega a desarrollar, hará todos los esfuerzos posibles por aportar los recursos necesarios para su exitosa conclusión.

*También le comunico que hemos recibido una copia del documento “Normas Generales del Proyecto de Graduación de la Escuela de Ingeniería Mecatrónica del ITCR”.*