



Fundación Centro Nacional de Desarrollo e Investigación
en Telecomunicaciones.
Dirección de Desarrollo e Investigación.
Unidad de Propagación y Antenas.

Diseño y Construcción de Dispositivo para Control de Riego.

Caracas, septiembre 2019

Conformado por: Jarson Manjarres	Revisado por: Carlelines Gavidia	Aprobado por: Héctor Núñez	Aprobado por: Gloria Carvalho
Profesional de Investigación	Dirección de Electrónica de Comunicaciones	Dirección General de Desarrollo e Investigación	Presidencia de la Fundación Cendit

ÍNDICE

I	Nombre del Proyecto	3
II	Dependencia	3
III	Área de acción en la cual se enmarca	3
IV	Objetivo	4
IV-A	Objetivo Histórico	4
IV-B	Objetivo Nacional	4
IV-C	Objetivos Estratégicos	4
V	Equipo de trabajo	5
VI	Institución / Organización	6
VII	Planteamiento del Problema	6
VIII	Antecedentes	7
IX	Justificación del Proyecto	7
X	Objetivos	7
X-A	Objetivo General	7
X-B	Objetivos Específicos	7
XI	Metodología	7
XI-A	Control de riego y fertilización	7
XI-B	Variables a controlar en el riego y la fertilización.	8
XI-C	Controladores en la programación de riego y la fertirrigación.	8
	XI-C1 Programadores.	8
	XI-C2 Programadores.	8
XI-D	Algoritmos de control de riego.	9
	XI-D1 Control por tiempo.	9
	XI-D2 Control por tiempo.	9
	XI-D3 Control basado en la evaporación	9
	XI-D4 Control basado en el drenaje.	9
XI-E	Algoritmos de control de la fertirrigación.	10
	XI-E1 Control basado en la medición continua del pH y la CE.	10
	XI-E2 Sistemas expertos en tiempo real.	10
XI-F	Estudio de materiales	10
XII	Cronograma de actividades	11
XIII	Plan de inversión	12

FICHA TÉCNICA	
TÍTULO	Diseño y Construcción de Dispositivo para Control de Riego.
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	Dispositivo empleado para control de riego de plantaciones gramíneas o herbáceas (Maíz, trigo, arroz, cebada, avena, etc.)
DEPENDENCIA RESPONSABLE	Unidad de Electrónica de Comunicaciones
OBJETIVO GENERAL	Diseñar y construir un dispositivo para el control de riego.
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	<ul style="list-style-type: none"> • Establecer las especificaciones técnicas, condiciones y bondades que debe tener el prototipo. • Diseñar el plano esquemático del sistema de control. • Diseñar el esquemático electrónico del dispositivo. • Diseñar la tarjeta electrónica. • Realizar el ensamblaje electrónico del prototipo. • Elaborar documentos para transferencia tecnológica hacia la industrialización.
METAS	Dispositivo empleado para control de riego de plantaciones gramíneas
RESULTADOS	<ul style="list-style-type: none"> • Informe de diseño. • Construcción de prototipo alfa (incluyendo informe de construcción con resultados de pruebas y ensayos). • Construcción de prototipo beta (incluyendo informe de construcción con resultados de pruebas y ensayos). • Transferencia tecnológica.
MONTO	0000000000000Bs.
TIEMPO DE EJECUCIÓN	Doce (12) meses a partir del mes de Enero 2020.

Resumen

El sistema de control lazo cerrado de riego es un dispositivo empleado para automatizar el proceso de hidratación de las plantaciones tomando en cuenta diferentes variables para que se realice en el momento mas optimo según el tipo de plantación que se este administrando, las variables que predominan para realizar dicho control es: la humedad relativa del suelo, la iluminación del sol, la temperatura del ambiente. Con este dispositivo se logra un ahorro importante de agua y de la cantidad de fertilizantes utilizados.

I. NOMBRE DEL PROYECTO

Diseño y Construcción de Dispositivo para Control de Riego.

II. DEPENDENCIA

Unidad de Electrónica de Comunicaciones

III. ÁREA DE ACCIÓN EN LA CUAL SE ENMARCA

Modelo Productivo Socialista.

IV. OBJETIVO

Objetivo Histórico, Objetivo Nacional y Objetivos Estratégicos, Objetivos generales a las cuales atiende el proyecto en el marco de la ley del Plan de la Patria 2019 - 2025.

A. *Objetivo Histórico*

Defender, expandir y consolidar el bien más preciado que hemos reconquistado después de 200 años: la Independencia Nacional.

B. *Objetivo Nacional*

Desarrollar nuestras capacidades científico - tecnológicas que hagan viable, potencien y blinden la protección y atención de las necesidades del pueblo y el desarrollo del país potencia.

C. *Objetivos Estratégicos*

- 1) Desarrollar una actividad científica, tecnológica y de innovación, transdisciplinaria, asociada directamente a la estructura productiva nacional, sustitución de importaciones en nudos críticos, así como fomentar el desarrollo de procesos de escalamiento industrial orientados al aprovechamiento de las potencialidades, con efectiva transferencia de conocimientos para la soberanía tecnológica.
 - a) Orientar la actividad científica a la resolución de problemas reales de la industria nacional, en particular la creación de condiciones objetivas para la sustitución de importaciones mediante el máximo aprovechamiento del acervo de capital existente, las modificaciones de bienes de capital, la creación de nuevos procesos o la fabricación de nuevos equipos o herramientas para tal fin.

V. EQUIPO DE TRABAJO

Apellidos	Nombres	Cédula	Sexo	Nivel PEII	Institución	Unidad	Cargo	Nivel	Especialidad
Carvalho	Gloria	V14351425	F	Investigador "B".	Fundación Cendit	Presidencia	Presidenta/ Profesional de Investigación	7	Ingeniero Electricista mención Telecomunicaciones, Magister en Telecomunicaciones, Doctorado en dispositivos opto-electrónicos.
Di Rosa	Dino	V13621262	M	Investigador A-1	Fundación Cendit	Dirección Ejecutiva	Director Ejecutivo	7	Ingeniero en Electrónica, Magister en Telecomunicaciones.
Núñez	Héctor	V15207410	M	Investigador "A"	Fundación Cendit	Dirección de Desarrollo e Investigación	Director	7	Ingeniero Electricista mención en Telecomunicaciones, Magister en Telecomunicaciones, Doctorado en física aplicada.
Gavidia	Carlelines	V18538931	F	Investigador "A"	Fundación Cendit	Unidad de Electrónica de Comunicaciones	Jefe (E)	6	Ingeniero en Telecomunicaciones.
Jarson	Manjarres	V20492991	M	Investigador "A"	Fundación Cendit	Unidad de Electrónica de Comunicaciones	Profesional de Investigación	5	Ingeniero en Electrónica.

VI. INSTITUCIÓN / ORGANIZACIÓN

La Fundación Cendit, es una Institución ideada para el desarrollo, investigación y construcción de dispositivos que son utilizados en la plataforma de comunicaciones del país, además de brindar apoyo, asesoría y formación de personas en el área, contribuyendo de esta manera en el fortalecimiento de las telecomunicaciones, siempre con el objeto de desarrollar la tecnología existente en pro para el país, activando el sector productivo en esta área, de manera de sustituir los componentes y/o dispositivos con fabricaciones propias y disminuir la importación de estos rubros.

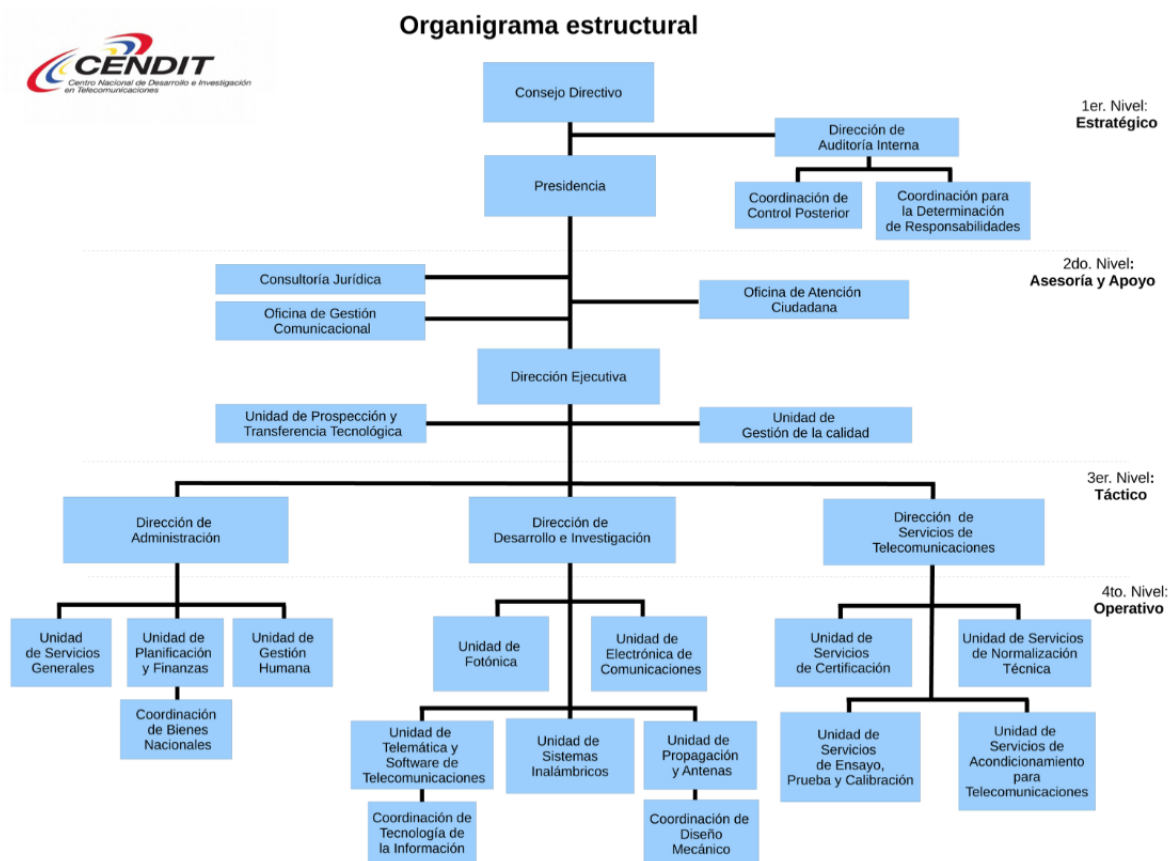


Fig. 1: Organigrama de la Fundación.

Entre las unidades internas a la Fundación CENDIT que participarán en el proyecto serán: Presidencia, Dirección Ejecutiva, Dirección de Desarrollo e Investigación, Unidad de Electrónica de Comunicaciones(UEC), Unidad de Propagación y Antenas (UPA), Dirección de Servicios de Certificación (DSC), y Coordinación de diseño Mecánico (CDM).

VII. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Se propone el desarrollo de un sistema de control de riego para las plantaciones del tipo gramíneas con las finalidad de mejorar la eficiencia y el ahorro de recursos en este tipo de plantaciones. ya que al no contar con el equipo y personal capacitado para tal actividad se corre el riesgo de perder la cosecha y por ende de recursos que son adquiridos con mucho esfuerzo por parte de los trabajadores.

VIII. ANTECEDENTES

El control de riego es utilizado por grandes empresas agrícolas para proporcionar de manera eficiente agua a todas sus plantaciones en el momento justo sin saturar el terreno. El problema de estos sistemas es la comunicación entre los dispositivos ya que no existe un sistema central que administre el comportamiento de cada válvula de riego y en algunos casos ocasionando un descontrol entre un sistema y otro. Existen dispositivos mas avanzados que dan solución a esta problemática pero suelen ser mas costosos ya que se fabrican en otros países.

IX. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto propone el diseño y construcción de un sistema de riego para las plantaciones gramíneas con la finalidad de lograr una eficiencia en la cantidad de agua empleada para tal uso. Esto se logra utilizando distintos sensores tales como: Sensor de humedad, Ph, temperatura y luz solar, que le indican al microcontrolador en conjunto con una base de datos interna cual es el momento idóneo para realizar el proceso de riego. una característica que posee este diseño es que tiene la función de aplazar el regado cuando está lloviendo haciendo se sea mucho mas eficiente y practico en temporadas de lluvia.

X. OBJETIVOS

A. *Objetivo General*

- 1) Diseñar y construir un dispositivo para el control de riego.

B. *Objetivos Específicos*

- 1) Establecer las especificaciones técnicas, condiciones y bondades que debe tener el prototipo.
- 2) Diseñar el plano esquemático del sistema de control.
- 3) Diseñar el esquemático electrónico del dispositivo.
- 4) Diseñar la tarjeta electrónica.
- 5) Realizar el ensamblaje electrónico del prototipo.
- 6) Elaborar documentos para transferencia tecnológica hacia la industrialización.

XI. METODOLOGÍA

A. *Control de riego y fertilización*

Los sistemas de control de fertirrigación son herramientas fundamentales para poder suministrar agua y nutrientes al cultivo en la cantidad y frecuencia adecuadas, optimizando el aprovechamiento del cultivo y evitando situaciones de estrés. Este control influye de forma significativa en los costes y el consumo de agua.

Los sistemas de control del riego llevan consigo una serie de rutinas en función de parámetros hidráulicos. Para controlar el riego y la fertilización las funciones que se tienen que dar se integran en los denominados algoritmos de control. Los algoritmos responden a tres preguntas: ¿Cuándo regar? ¿Qué cantidad de agua hay que aplicar? ¿Qué sistema de inyección de fertilizante hay que utilizar?

B. Variables a controlar en el riego y la fertilización.

Existen distintos métodos para controlar el riego de un cultivo y en función del que se utilice habrá que controlar una serie de variables. En general, en el riego y la fertilización se pueden controlar las siguientes variables:

- Control del riego: en bucle abierto se puede controlar por tiempo o caudal de agua. En bucle cerrado se puede controlar la humedad del suelo, evapotranspiración, ración, micromorfometría, etc.
- Control de la inyección de fertilizantes: se puede controlar el pH de la solución nutritiva, la conductividad eléctrica (CE) y la inyección de microelementos.

Hay otras variables que conviene controlar y que informan sobre el estado del sistema y la calidad del agua de riego. Por ejemplo, el nivel de los depósitos, la presión del agua en las tuberías, la pérdida de carga de los filtros, etc.

Se describen a continuación los principales elementos de control en la programación de riegos y los sistemas genéricos de control del riego y la fertilización según las variables a controlar. Estos sistemas también se conocen con el nombre de algoritmos de control.

C. Controladores en la programación de riego y la fertirrigación.

Los elementos que controlan la programación del riego y la fertirrigación son muy variados. Cada explotación requerirá de los elementos necesarios específicos para cada caso. Se detallan a continuación los principales elementos utilizados en el control del riego y la fertirrigación.

1) *Programadores.*: En diversos procesos industriales que siguen una relación determinada de una variable con el tiempo requieren un control automático para seguir y reproducir un programa fijo. Los instrumentos que realizan esta función se denominan programadores controladores y realizan tres funciones básicas: control automático de las variables, temporizadores, variación del punto de consigna del controlador (función de programación).

Un programador se compone de: generador de punto de consigna, que determina la temporización y fija la evolución de la variable a lo largo del tiempo; un controlador todo-nada, PI o PID con indicador o registro de la variable. El programador permite almacenar un número determinado de programas que pueden utilizarse cuando se desee con una salida por relé o analógica. Se puede visualizar en el monitor el programa seleccionado y los resultados obtenidos en el proceso. Estos instrumentos son muy versátiles en la programación del riego.

Un programador de riego puede controlar la apertura o cierre de sectores o válvulas de riego. Además puede controlar la apertura de Venturas. De entrada pueden incorporar contadores de agua y medidores de presión. Los datos que pueden almacenar son muy variados (CE, pH, temperatura, etc.). Incorporan, además, varios programas de riego.

2) *Programadores.*: Para realizar la fertirrigación de varios sectores de riego utilizando rutinas o algoritmos de control más sofisticados (utilizando variables climáticas) debido a que aumenta la complejidad se requiere la utilización de un ordenador para obtener un control óptimo. Los ordenadores de riego que se instalan en los sistemas de riego controlan por un lado la nutrición y por otro la distribución y dosificación del riego. Mediante estas herramientas se pueden monitorizar los riegos, configurar los parámetros de la máquina de riego de forma sencilla, acumular y mostrar histórico de actividades y consumos de la instalación de riego, realizar gráficas del histórico, almacenar históricos de actividades y eventos de la agenda de riego, etc.

Además existen sistemas que permiten la conexión en red de los ordenadores que componen la explotación, la creación de una intranet o la conexión con Internet para poder recopilar datos de las estaciones agrometeorológicas de los distintos programas de asesoramiento al regante que existen en las diferentes Comunidades Autónomas.

Según lo establecido en este apartado se pueden considerar cuatro niveles de automatización en el proceso de fertirrigación:

- Un primer nivel en el que se pueden incluir los sistemas semiautomáticos con preajustes en cada operación de las válvulas.
- Un segundo nivel consiste en instalar sistemas secuenciales de operación repetida, lo que implica mediciones tanto de tiempo como volumétricas, mediante la implantación de programadores de riego, con lo que se puede controlar el sistema de bombas dosificadoras.
- Dentro del tercer nivel se encuentra el riego por computadora. Consiste en controlar y procesar todos los parámetros esenciales del regadío en tiempo real y determinar de forma óptima cuándo y cuánto se debe regar en cada momento.
- El cuarto nivel consiste en redes de sistemas de control de riego centralizadas desde un sistema que, en función de determinada información, proporcione las condiciones óptimas de riego para cada una de las parcelas.

D. Algoritmos de control de riego.

1) *Control por tiempo.*: Se calcula la duración del riego en función de la dosis necesaria, caudal de emisores y número de emisores por planta. Los dos elementos fundamentales de este tipo de control son por un lado las electroválvulas y se instalan normalmente cerradas. Por otro lado los programadores incorporan un reloj y cierran y abren circuitos electrónicos a las horas en que se hayan programado. Los circuitos accionan los solenoides de las electroválvulas y se mantienen abiertas mientras se reciba la señal eléctrica. El sistema conecta o desconecta el riego en función del programa que establezca el usuario y a lo sumo alguna señal que provenga del cultivo como el inicio del riego. Hay muchos modelos y permiten programaciones diarias, semanales, quincenales y de duración superior, con intervalos de actuación de un minuto.

La ventaja de este sistema es la sencillez de programación, economía y facilidad de combinación con el arranque y parada de las bombas.

El inconveniente es que dependen en gran medida del caudal de paso. Si éste varía con respecto a la rutina normal de funcionamiento, las dosis de riego se ven alteradas. Con la instalación de contadores se soluciona el problema.

2) *Control por tiempo.*: Mide la radiación solar entre 200 y 2500 nm (radiación global). El programa que incluye el computador integra los datos de radiación para calcular la energía recibida por unidad de tiempo. Para programar el riego se calculan las necesidades de agua del cultivo, normalmente a partir de la fórmula de Penman-Monteith 1, y se correlaciona con la energía recibida por metro cuadrado de cultivo y unidad de tiempo. Al programador se le indica el valor de radiación para el comienzo del riego. La cantidad de agua a aportar se suele indicar por tiempo o volumen.

El mayor inconveniente es la falta de calibración del sistema. Es también un sistema de control en bucle abierto.

$$E = \frac{sA + \frac{\rho_a C_p (e_{sat} - e)}{r_a}}{s + \gamma \left(1 + \frac{r_c}{r_a}\right)} \cdot \frac{n}{(\lambda \cdot \rho_w)} \quad (1)$$

3) *Control basado en la evaporación.*: Conociendo el agua evapotranspirada se determina la lámina de agua a reponer. El programa de control correlaciona el agua evaporada con el agua aportada por unidad de superficie.

4) *Control basado en el drenaje.*: Se utiliza sobre todo en invernaderos. Tiene dos modalidades. Una de ellas es en función del volumen. Mediante un sistema de drenaje se recoge el agua de riego de un punto de la red. En función de la lámina drenada se aumenta o disminuye la frecuencia de riegos hasta ajustarse al valor del volumen de drenaje deseado.

La otra es en función de la conductividad eléctrica del agua de drenaje. En este caso se correlacionan las conductividades del agua de drenaje y la solución nutritiva. Se utiliza con cultivos en sustrato.

E. Algoritmos de control de la fertirrigación.

1) *Control basado en la medición continua del pH y la CE.:* Se basan en la medición continua del pH y la CE del agua de riego. Mediante sensores de pH y CE se envían señales al ordenador central y se comparan con los valores consigna y envía las órdenes a inyectores de fertilizantes. Utilizan dos algoritmos:

- Control todo-nada, junto con Venturis y bombas inyectoras y electroválvulas de dos posiciones. En este caso la inyección no es continua. - PID. La dosificación se efectúa mediante inyectores eléctricos. En este caso los tiempos de respuesta son lentos.

Estos sistemas suelen constar de tres o más tipos de abonos y de la inyección de ácido. Para instalaciones en las que los caudales instantáneos son pequeños se utiliza un tanque al que llega el agua de riego, las soluciones madre y la solución ácida. En el tanque se mezclan y se va confeccionando la solución nutritiva que se va a aportar al cultivo. La entrada de agua está controlada por una electroválvula que responde a señales de los sensores de nivel instalados en el tanque de mezcla. A la salida del tanque se instalan los sensores de pH y CE. Este tipo de control es en bucle cerrado.

2) *Sistemas expertos en tiempo real. :* Se controlan las plantas en tiempo real y se controlan los parámetros del agua (CE, pH y volúmenes). Estos sistemas están en estudio. Se trata de desarrollar sensores para evaluar el estado hídrico del continuo suelo-planta-atmósfera. Persiguen dos objetivos, por un lado, proporcionar mejoras en la capacidad de los sistemas de fertirrigación para obtener resultados productivos más ventajosos y compatibles con un uso eficiente del agua y los nutrientes. Por otra parte se intenta automatizar la gestión de la fertirrigación para que de una manera sencilla se puedan programar los riegos por parte el operario. Son sistemas de control en bucle cerrado.

F. Estudio de materiales

Para la complementación de este proyecto requiere de los materiales que varia segun la escala de la aplicación, en la la tabla III y IV se detallan los materiales requeridos.

XII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

N°	Actividades	Meses											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Establecer las especificaciones técnicas, condiciones y bondades que debe tener el prototipo		X										
2	Diseñar el plano esquemático del sistema de control.				X								
3	Diseñar el esquemático electrónico del dispositivo.						X						
4	Diseñar la tarjeta electrónica.								X				
5	Realizar el ensamble electrónico del prototipo.										X		
6	Elaborar documentos para transferencia tecnológica hacia la industrialización.												X

XIII. PLAN DE INVERSIÓN

A continuación se describe la planificación de recursos que se requieren para la ejecución del proyecto antes descrito.

TABLA I: Distribución y totalidad de los recursos.

Recursos del proyecto	
Descripción	Sub-total
Servicios No Personales y asesorías	11.444.698,00 BsS.
Equipos	16.640.000,00 BsS
Materiales y Suministros	26.562.560,00 BsS
Total BsS.	54.647.258,00 BsS

TABLA II: Distribución y totalidad de los recursos en el área de SERVICIOS NO PERSONALES Y ASESORÍAS.

Servicios No personales y asesorías	Unidad de medida	Costo unitario [BsS]	Cantidad	Costo total [BsS]
Servicios taller mecánico	Servicio	1.011.200	1	1.011.200
Viáticos	Servicio	90.880,00	20	2.817.600
Pago de servicios	Servicio	64.000,00	12	768.000,00
Impuestos IVA (todos los rubros)	Impuesto			6.847.898,00
Total BsS.				11.444.698,00

TABLA III: Distribución y totalidad de los recursos en el área de EQUIPOS.

Equipos, Normas, libros y/o software	Modelo	Costo unitario [BsS]	Cantidad	Costo total [BsS]
Computadora (PC)	Intel Quad Core i7-7700T, 8GB RAM, 500GB 7.2K Hard Drive	11.520.000,00	1	11.520.000,00
Disco duro portátil	Disco duro externo de 8TB de almacenamiento	5.120.000,00	1	5.120.000,00
Total BsS.				16.640.000,00

TABLA IV: Distribución y totalidad de los recursos en el área de MATERIALES Y SUMINISTROS.

Materiales y Suministros	Descripción	Unidad de medida	Costo unitario [BsS]	Cant.	Costo total [BsS]
Material para oficina	Resma de papel tamaño carta, libretas de una línea, cinta adhesiva, caja de marcadores acrílicos	Unidad	1.305.600,00	Varios	1.305.600,00
Productos farmacéuticos	Paquete de curitas, alcohol isopropílico, paquetes de gasas	Unidad	544.000,00	Varios	544.000,00
Lubricantes para vehículos	Mantenimiento de vehículo institucional		640.000,00	1	640.000,00
Artículos generales de ferretería	Tubería de PVC, Aspersores de Bronce por goteo, 3 Tanques de Agua de 2500 litros.		5.436.160,00	Varios	1.436.160,00
Artículos de limpieza	Cloro, desinfectante	Galón	307.200,00	1	307.200,00
Materiales para equipos de computación	Pen drive, memoria RAM, cables SATA a USB, cables VGA a USB	Unidad	3.072.000,00	Varios	3.072.000,00
Componentes eléctricos Varios	sensores, electroválvulas, Diodos, resistencias, transformadores reductores, diodos zener, sensores de corriente, LCD, condensadores, microcontroladores entre otros.	Unidad	14.336.000,00	Varios	14.336.000,00
Producto de seguridad en el trabajo	Botas y Bragas de seguridad	Unidad	921.600,00	Varios	921.600,00
Total BsS.					26.562.560,00