



## A. PROPUESTA PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

### 1. TIPO DE PROYECTO:

Interno		Grupal	x
Semilla		Multidisciplinario	

### 2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

Básica		Aplicada	x
--------	--	----------	---

### 3. UNIDAD EJECUTORA *(Departamento, Instituto o Estructura de Investigación)*

1. Departamento de Automatización y Control Industrial

### 4. LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. Control y Sistemas

### 5. TÍTULO DEL PROYECTO *(mínimo 10 palabras):*

Desarrollo e implementación de esquemas de Control Avanzado para Páncreas Artificial.

### 6. RESUMEN *(máximo 200 palabras)*

La diabetes tipo 1 es una enfermedad crónica con altas tasas de mortalidad en todo el mundo, y su tratamiento aún no es satisfactorio en todos los pacientes, en consecuencia, tienen una pobre calidad de vida.

El desarrollo del páncreas artificial ha ganado fuerza en los últimos años, sin embargo, el modelo de regulación de glucosa-insulina tiene características de los sistemas biológicos con la presencia de variaciones en sus parámetros, que dificulta obtener desempeños satisfactorios al aplicar controladores convencionales.

El modelo utilizado, propuesto por Roman Hovorka en 2017, tiene una estimación que lo hace más aproximado a un modelo real que otros. El modelo será perturbado con la ingesta de 3 comidas por día, tanto para consideraciones en sus parámetros en valores nominales como para variación en estos, y observarlas como alteraciones que afectan la glucosa en sangre, también se va a considerar los efectos del ejercicio sobre la glucosa en sangre.

En este trabajo se desarrollan e implementan diferentes estrategias de control avanzado: Control PID no lineal, Control por Modos Deslizantes, Controladores Difuso, Algebra lineal y Control Predictivo. Los mejores esquemas serán implementados en una tarjeta embebida e introducidos a un paciente virtual de diabetes tipo 1.



## 7. PALABRAS CLAVE (4-6)

Páncreas artificial, diabetes tipo 1, control avanzado,

## 8. OBJETIVOS

### 8.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar e implementar esquemas avanzados de control para Páncreas Artificial.

### 8.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Realizar una revisión bibliográfica sobre el estudio del tratamiento de la diabetes mediante páncreas artificial, modelo glucosa-insulina y simuladores virtuales.
- b. Simular el modelo de glucosa-insulina en un software.
- c. Diseñar esquemas de control avanzado y aplicar en modelos de simulación
- d. Validar los diferentes controladores y seleccionar los mejores bajo evaluación de criterios de desempeño
- f. Implementar los controladores con mejor desempeño en un paciente virtual mediante el desarrollo de simulaciones.

## 9. HIPÓTESIS (opcional)

¿Es posible desarrollar e implementar esquemas avanzados de control que permitan mejorar la calidad de vida, a través de la regulación de glucosa, en pacientes con diabetes tipo 1?

## 10. DETALLE DE LOS RESULTADOS ESPERADOS (con relación a los objetivos)

- a. Desarrollo de avances en el estado del arte en estrategias de control avanzado para páncreas artificial.
- b. Desarrollo de técnicas de control avanzado para ser aplicadas a páncreas artificial para regulación de glicemia.
- c. Experimentación sin contar con pacientes humanos y/o animales.

## 11. IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN (científico, social, económico u otros)

Entre los beneficios más importantes del proyecto se tienen los siguientes:

- Desarrollo de avances en el estado del arte en estrategias de control avanzado para páncreas artificial.
- Desarrollo de técnicas de control avanzado para la regulación de glicemia.
- Fortalecimiento del grupo de investigación que permita coordinar investigaciones nacionales e internacionales asociadas a problema de regulación de glucosa.



- Difusión de los resultados y conocimientos adquiridos producto de la investigación en eventos científicos.
- Experimentación sin contar con pacientes humanos y/o animales.
- Desarrollos que pueden impactar positivamente habitantes de nuestro entorno, dado que la diabetes es la segunda causa de mortalidad del país.
- Avances en el área brindando soberanía de carácter tecnológico en nuestra institución.

## 12. ESTADO DEL ARTE, E INVESTIGACIONES PREVIAS DEL EQUIPO (máximo tres carillas)

La diabetes es una de las principales causas de mortalidad en el mundo. En los últimos años, el número de pacientes ha aumentado debido a los cambios en el estilo de vida de los seres humanos, el incremento en la tasa de sobrepeso debido básicamente a la ingesta cada día de más comida rápida que incluye más grasas saturadas como un claro ejemplo.

La diabetes mellitus tipo 1 (DM1) se caracteriza por la no generación de insulina endógena, la insulina es necesaria para que las células reciban la glucosa para que puedan transformarlo en energía, y si esta glucosa no se usa luego se almacena elevando la glucemia (concentración de glucosa en sangre). Este nivel aumenta también debido a la ingesta de alimentos, que agrega carbohidratos al cuerpo, pero puede disminuir como respuesta a la actividad física.

Para controlar estas afecciones, el paciente debe suministrar insulina a su cuerpo a través de inyecciones diarias. Sin embargo, es difícil saber la cantidad exacta de insulina que se debe tomar y una dosis más alta puede aplicarse provocando que la glucemia descienda por debajo de 70 mg / dL, lo que se conoce como hipoglucemia. Lo contrario es cuando el paciente se suministra con cantidades inferiores a las necesarias y luego su nivel sube por encima de 140 mg / dL, que se conoce como hiperglucemia. Ambos son problemas realmente serios para personas con diabetes tipo 1.

Una alternativa para el suministro de insulina que está siendo considerada es el uso del páncreas artificial. El páncreas artificial es un lazo cerrado de control conformado por un sensor de glucosa, una bomba de insulina y un algoritmo de control. La infusión de insulina, en el páncreas artificial, se ha venido haciendo mediante la técnica de infusión subcutánea continua con un sistema que consta de una pequeña bomba, con un reservorio de insulina, una batería enlazada a un mecanismo de control computarizado y un set de infusión subcutánea.

El uso del páncreas artificial conduce a cambiar de un control manual a uno automático con las ventajas en calidad de vida que el mismo introduce a los pacientes con esta enfermedad. Hay muchos estudios sobre la regulación en circuito cerrado de niveles de glucemia. En (Calupiña, García, Camacho, Rosales, & Rivadeneira, 2018) un control de modo deslizante (SMC) con un feedforward (FF) se usa como compensador de comida para minimizar el riesgo de hipoglucemia, este control tiene buenos resultados para el inter-variabilidad de la sensibilidad a la insulina, pero no tiene buenos resultados con todos estos parámetros variables. Otro trabajo, propuesto en (Kaveh & Shtessel, 2006), utiliza un control de modo deslizante de orden superior (HSMC) para regular la glucosa en sangre, también compara el resultado con un control PID usando el ISE y se aplica a 7 pacientes diferentes con diferentes sensibilidades a la insulina y tasa de separación de glucosa, y para un solo paciente donde cambian sus parámetros durante el día. En (Serenio, Caicedo, Rivadeneira, & Camacho, 2018) un controlador predictivo se desarrolla para compensar el efecto de las comidas, se usa y prueba en el simulador UVA / Padova T1DM.

En la Escuela Politécnica Nacional entre los trabajos asociados a la problemática expuesta en el presente plan, se encuentra el trabajo de Eduardo Alvaro y Sebastián Rivadeneira llamado "Diseño, simulación y comparación de controladores de concentración de glucosa en pacientes



con diabetes tipo 1"; este trabajo muestra el diseño de controladores tipo PID y SMC con feedforward, para dos modelos distintos de páncreas artificial.

### 13. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO, INCLUIDO METODOLOGÍA *(máximo tres carillas)*

La Diabetes es una enfermedad crónica en la que el nivel de glucosa es muy alto, se considera como una alteración global del metabolismo se debe a que el páncreas no puede producir la insulina necesaria o que el cuerpo es resistente a ésta [1]. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el número de personas con diabetes ha aumentado de 108 millones en 1980 a 422 millones en 2014, y la prevalencia de la enfermedad en adultos prácticamente se ha duplicado en el mismo lapso. El estudio más reciente de la Federación Internacional de Diabetes (IDF) estima que actualmente hay 415 millones de adultos entre 20-79 años con diabetes en el mundo; informa que, para finales de este año, la diabetes habrá causado 5 millones de muertes y habrá costado entre 673.000 millones y 1.197.000 millones de dólares estadounidenses de gasto en atención sanitaria, y finalmente advierten que, si no se detiene este aumento, para el año 2040 se calcula que habrá 642 millones viviendo con la enfermedad. En Ecuador, desde el 2007 hasta el 2016, la cifra de fallecidos a causa de esta enfermedad se ha incrementado en un 51%, siendo las mujeres las más afectadas

En particular en la Diabetes Tipo 1 las células  $\beta$  del páncreas no secretan insulina, que es la hormona reguladora de la glucosa en la sangre. Los pacientes con esta enfermedad se vuelven dependientes de por vida de la insulina exógena, cuyo suministro diario debe ser ajustado a su metabolismo y estilo de vida, por lo que están sujetos a un seguimiento médico continuo. Este seguimiento médico también involucra el monitoreo y control de otros factores que tienen gran influencia en la enfermedad tales como la actividad deportiva y la dieta [1]. Para el tratamiento de esta enfermedad se realiza la insulino terapia lo cual puede realizarse de dos formas la primera es mediante el suministro diario de múltiples de inyecciones de insulina, y la segunda se conoce como la infusión continua de insulina procedimiento se realiza mediante una bomba de insulina

En la actualidad existe un tratamiento para esta enfermedad conocido como páncreas artificial, que es un lazo cerrado de control en el que se automatiza el suministro de insulina en base a la respuesta de los niveles de glucosa en la sangre del paciente, es decir como un páncreas sano. Es un dispositivo que combina un sistema de monitoreo en tiempo real de la glucosa (sensor), una bomba de insulina (actuador) y un algoritmo de control para trabajar de forma simultánea, con el objetivo de regular los niveles de glucosa e insulina en el torrente sanguíneo. Desde 1970 se han propuesto varios modelos matemáticos que representan la relación de glucosa insulina en el cuerpo humano, se debe considerar que los procesos fisiológicos son muy complejos para su modelación ya que debe definir la dinámica de la glucosa y la insulina y que este proceso está supuesto a cambios de acuerdo al paciente y a que un paciente pueda tener cambios en sus parámetros a lo largo del día de acuerdo a su entorno. Es por ello que se ve la necesidad de tener un sistema que permita la simulación del modelo elegido y que este reaccione a los cambios a realizar y al algoritmo de control que se pueda emplear. Es importante que el simulador considere una determinada cantidad de pacientes que tengan ciertas características para poder realizar el diseño de algoritmos de control y su posterior validación.

#### 13.1 Antecedentes y Justificación

La Organización Mundial de la Salud (OMS) junto con la Organización Panamericana de la Salud (OPS) mencionan que, a nivel de Latinoamérica del 30 al 40% de las personas con diabetes están sin diagnosticar, lo que provoca que se haya convertido en la cuarta causa de muerte en la región.



# ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

## VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y VINCULACIÓN



Las cifras proyectadas para el año 2040 continúan siendo alarmantes, puesto que para dicho año se tendrá 109 millones de personas diabéticas que implicarían un gasto en salud de 446 millones de dólares.

En el caso específico de nuestro país, según el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, la Diabetes es la segunda causa de muerte en el Ecuador, haciendo que, para el 2016 la cifra de fallecidos haya sido de 4906, incrementando un 51% desde el 2007.

Además, las repercusiones económicas que surgen con esta enfermedad afectan de manera negativa tanto a las personas que padecen Diabetes como a sus familias.

Estos datos alarmantes muestran que es necesario enfocar esfuerzos tanto para mejorar las medidas de prevención, así como el tratamiento para combatir esta enfermedad. Además, no se cuenta con suficientes herramientas tecnológicas de asistencia a los médicos para el tratamiento de la enfermedad, y el mejorar el tratamiento desde el diagnóstico inicial.

Desde la parte ingenieril, se plantea entonces el uso de modelos matemáticos para hacer uso eficaz de estas herramientas a través de algoritmos de identificación, observación y control que permitan realizar el tratamiento de forma automática. Se ha detectado una oportunidad de generación de nuevo conocimiento en este campo, y de aportar soluciones que intenten mejorar la calidad de vida de este grupo social y al mismo tiempo herramientas tecnológicas para el estado ecuatoriano en este respecto.

Particularmente, nos centramos en la Diabetes Tipo 1 (T1D), esta enfermedad destruye las células  $\beta$  del páncreas que se encargan de la secreción de insulina, que es la hormona reguladora de la glucosa en la sangre. Los pacientes con esta enfermedad se vuelven dependientes de por vida de la insulina exógena, cuyo suministro diario debe ser ajustado a su metabolismo y estilo de vida. Este tratamiento tiene la desventaja de que al paciente se le debe suministrar la cantidad exacta de insulina para que la glucosa del paciente se encuentre entre 70 a 140 mg/dl que se considera como normoglucemia.

Entre las herramientas tecnológicas se encuentra el páncreas artificial como ahora se lo conoce, que es un dispositivo que combina un sistema de monitoreo en tiempo real de la glucosa (sensor), una bomba de insulina y un algoritmo de control

El tratamiento de la T1D mediante el uso del Páncreas Artificial se ha convertido en una excelente alternativa para los pacientes que sufren de esta enfermedad. Usar un sistema de páncreas artificial permite que se controle de manera más estricta los niveles de glucosa en la sangre, evitando que el suministro de insulina sea de manera manual por parte del paciente y a determinadas horas, es decir, mejora su calidad de vida al evitar que éste tenga que estar pendiente de colocarse inyecciones periódicamente. Sin embargo, dado que es un dispositivo costoso y difícil de adquirir en nuestro país, con el presente proyecto se espera poder iniciar con el desarrollo de toda la tecnología que conlleva un Páncreas Artificial y así, en un futuro, permitir el acceso a este tratamiento a mayor cantidad de personas, en especial a las de bajos recursos económicos.

El desarrollo del páncreas artificial en la literatura empieza hace más de 50 años con el trabajo de Kadis en 1964, y trece años después se introdujo el primer dispositivo comercial con ciertas limitaciones como la no portabilidad y el riesgo hipoglucemia postprandial. Desde ese entonces muchos han sido los prototipos que se han venido desarrollando.

Una de las complicaciones que surgen en el tratamiento de pacientes con páncreas artificial es que, a pesar de hay muchas estrategias desarrolladas en la literatura, hay pocas que ofrezcan simultáneamente características como sencillez en su diseño, sin la necesidad de un experto en teoría de control, además, que se actualicen en tiempo real y se adapten a los cambios diarios del



paciente y que a su vez garantice comportamientos deseados como la eliminación de episodios hipoglucémicos.

El algoritmo de control es diseñado y simulado en base a un modelo matemático que representa la relación entre la infusión subcutánea de insulina como entrada, con la glucosa como salida y la ingesta de carbohidratos considerada como perturbación. A esto se conoce como modelo de glucosa-insulina.

La complejidad de trabajar con un modelo que represente una función fisiológica humana reside en que los parámetros del modelo dependen de la variabilidad entre pacientes y que cada paciente puede presentar cambios en su organismo a lo largo del tiempo.

Por lo tanto, al diseñar un algoritmo de control se busca que el control sea lo suficientemente robusto, que mantenga los niveles de glucosa en los límites recomendados, y que además el controlador sea implementable en un dispositivo portable, como ya se mencionó anteriormente.

En este proyecto usando un simulador de pacientes con diabetes tipo 1 certificado, se estudiarán, desarrollarán e implementarán estrategias de control avanzado, permitiendo evaluar el desempeño de estas. Las pruebas incluirán cambios en la alimentación, ejercicios, variación de parámetros, cantidad de carbohidratos ingeridos, setpoint de glucemia, entre otros, se podrán ajustar externamente mediante una tarjeta embebida enlazada con el computador que contiene el simulador.

## 13.2 Metodología

### Fase teórica

- Se revisará información disponible sobre el uso de páncreas artificiales para el tratamiento de la Diabetes Tipo 1 y la afectación de esta enfermedad en el ser humano.
- Se estudiará los diferentes modelos que representen la regulación glucosa- insulina, sus características, ventajas y desventajas para su selección.
- Se estudiará el modelo seleccionado que representa la regulación glucosa-insulina, para entender sus variables y cómo interactúan entre sí.

### Fase de diseño

- Se seleccionará el modelo de glucosa - insulina a implementar.
- Se realizará la selección de tipos de pacientes.
- Se realizará el diseño de las diferentes estrategias de control avanzado.

### Fase de simulación

- Se simulará las diferentes estrategias de control avanzado
- Se realizará una interfaz gráfica para la presentación de la base de datos que permita al usuario configurar diferentes parámetros para realizar la simulación.

### Fase de validación / análisis de resultados/ pruebas de funcionamiento

- Se realizará la comparación con datos de pacientes reales con simulaciones que se realicen con el simulador.
- Se realizará la implementación de estrategias de control avanzado en la tarjeta electrónica
- Se validará el funcionamiento de las estrategias de control cuando ellas se conectan con el modelo del paciente virtual



*Bibliografía.*

- Álvaro, E., Rivadeneria, S., Chávez, D., & Camacho, O. (2017). *A sliding mode control approach for patients with type 1 diabetes. 2017 IEEE 3rd Colombian Conference on Automatic Control (CCAC)*. doi:10.1109/CCAC.2017.8276445
- Bondia, J., Vehi, J., Palerm, C., & Herrera, P. (2010). *El Páncreas Artificial: Control Automático de Infusión de Insulina en Diabetes Mellitus Tipo 1. Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, 7, 5-20.
- Calupiña, D., García, A., Camacho, O., Rosales, A., & Rivadeneira, P. (2018). *Non-linear PID and Dynamic SMC for the Artificial Pancreas control in the treatment of Type 1 Diabetes. 2018 IEEE Third Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM)*. doi:10.1109/ETCM.2018.8580340
- Censos, I. N. (2016). *Anuario de Estadísticas Vitales: Nacidos Vivos y Defunciones 2016*.
- Cobelli, C., Renard, E., & Kovatchev, B. (2011). *Artificial pancreas: Past, present, future. Diabetes Perspect*, 60, 2672–2682.
- Doyle, F., Huyett, L., Lee, J., Zisser, H., & Dassau, E. (2014). *Closed-Loop Artificial Pancreas Systems: Engineering the Algorithms. Diabetes Care*, 37, 1191–1197.
- Eren-Oruklu, M., Cinar, A., Quinn, L., & Smith, D. (2009). *Adaptive control strategy for regulation of blood glucose levels in patients with type 1 diabetes. Journal of Process Control*, 19, 1333–1346.
- Forlenza, G., Buckingham, B., & Maahs, D. (2016). *Progress in diabetes technology: Developments in insulin pumps, continuous glucose monitors, and progress towards the artificial pancreas. The Journal of Pediatrics*, 169, 13 – 20.
- Hovorka, R., Thabit, H., Wilinska, M., & Ruan, Y. (2017). *Modeling day-to-day variability of glucose-insulin regulation over 12-week home use of closed-loop insulin delivery. IEEE Trans. Biomed. Eng.* 64, 1412–1419.
- Kaveh, P., & Shtessel, Y. (2006). *Higher order sliding mode control for blood glucose regulation. International Workshop on Variable Structure Systems*, 11–16.
- Kovatchev, B., Tamborlane, W., Cefalu, W., & Cobelli, C. (2016). *The artificial pancreas in 2016: A digital treatment ecosystem for diabetes. Diabetes Care*, 39, 1123–1126.
- Marchetti, G., Barolo, M., Jovanović, L., Zisser, H., & Seborg, D. (2008). *A feedforward-feedback glucose control strategy for type 1 diabetes mellitus. Journal of process control*, 18, 149–162.
- Parker, R., Doyle, J., Harting, J., & Peppas, N. (1996). *Model predictive control for infusion pump insulin delivery. The 18th Annual International Conference of the IEEE*, 5, 1822–1823.
- Sereno, J., Caicedo, M., Rivadeneira, P., & Camacho, O. (2018). *In Silico Test for MPC and SMC Controllers Under Parametric Variations in Type 1 Diabetic Patients. 2018 Argentine Conference on Automatic Control (AADECA)*. doi:10.23919/AADECA.2018.8577284
- Thabit, H., & Hovorka, R. (2016). *Coming of age: The artificial pancreas for type 1 diabetes. Diabetologia*, 59, 1795–1805.



## 14. INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS

- Indicar la infraestructura y equipos **disponibles** para la ejecución del proyecto, con la ubicación actual de los mismos

Infraestructura	Equipos	
	Nombre del Equipo	Ubicación del Equipo
Laboratorio de Robótica y Sistemas Inteligentes	Equipos de Computo	Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica
Laboratorio de Control de Procesos	Equipos de Computo	Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

## 15. MONTO REQUERIDO

### 16.1 Monto y justificación del equipo requerido

El monto solicitado es de \$ 59.946,88. En equipos se gastarán \$21392,00. La mayor parte del presupuesto atiende la compra de equipos especializado que nos permitan aplicar las estrategias de control avanzado que serán desarrolladas e implementadas. Se comprará un Software de simulación especializado y certificado (FDA) basado en modelos de páncreas artificial. El uso de este tipo de software es bastante común en instituciones de educación superior y centros de investigación dedicados al estudio y desarrollo en automatización para pacientes con diabetes tipo 1. El uso de este tipo de software ha crecido básicamente dada la imposibilidad de contar con pacientes humanos y animales para la experimentación. Así que este software será usado ahora para la validación de las estrategias de control desarrolladas, y en el futuro, como un patrón para modelos que podamos desarrollar en el país, se va a adquirir una bomba para insulina, que son el elemento final de control y nos permitiría cerrar el lazo de control con lo cual el páncreas artificial como tal estaría bastante adelantado. Se adquirirán sistemas embebidos donde se incorporarán los controladores desarrollados. Equipos de informática que permitan mantener el respaldo, así como el manejo administrativo del proyecto.

16.2 Monto y justificación del personal requerido: en este rubro se gastarán \$26503,68 para la contratación de un ingeniero especialista en electrónica y control, durante los dos años del proyecto. El proyecto requiere para su desarrollo e implementación un ingeniero en Electrónica y control. El ingeniero tendrá entre sus tareas: estudio, desarrollo y de aplicación de las estrategias de control en software especializado y certificado, la implementación de las estrategias de control avanzado en los sistemas embebidos, construcción de un primer prototipo, así como de tareas administrativas. En resumen, la contratación de un ingeniero que se encargue de las diferentes tareas de implementación y desarrollo y ayuda con la solicitud de TDRs para la compra de equipos.

16.4 Monto y justificación de los investigadores invitados: No se tiene previsto

16.5 Monto y justificación de los viajes y salidas del campo requeridos: La menor cantidad del presupuesto se dedica a esta parte, son \$ 12051,20, no por ser la menor cantidad es la menos importante. Se requiere que los desarrollos, implementaciones sean conocidos por la comunidad científica que se dedica a la diabetes tipo 1 y al desarrollo de páncreas artificial. Este monto se dedicará a darle visibilidad a partir de publicaciones científicas tanto en conferencias como en revistas de alto impacto.

## 16. FONDOS ADICIONALES





- Otros fondos de otros organismos (si los hubiere)

## B. DATOS INFORMATIVOS

### 1. INFORMACIÓN DEL DIRECTOR, CODIRECTOR, COLABORADORES Y COLABORADORES TÉCNICOS

Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS*	Departamento	Rol	Título de mayor nivel y mención.
Camacho Quintero, Oscar Eduardo	1757261837	8	DACI	Director	PhD
Leica Arteaga Paulo Cesar	1714829585	6	DACI	Codirector	Doctor en Sistemas de Control
Rosales Andrés	1712872918	6	DACI	Colaborador	PhD
Herrera Marco	1716981616	6	DACI	Colaborador	MSc
Morales Luis	1715146542	6	DACI	Colaborador	MSc

\* HSS =Horas Semana Semestre: Es el número de horas que se dedica por semana a la investigación. Este número de horas se mantiene para todo el semestre

## DECLARACIÓN FINAL DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DEL PROYECTO

El equipo de investigadores, representado por el director del Proyecto declara lo siguiente:

- Que el presente proyecto es una creación original de mi autoría y del equipo de investigadores, y por tanto asumimos la completa responsabilidad legal en caso de que un tercero alegue la titularidad de los derechos intelectuales del proyecto, exonerando a la EPN de cualquier acción legal que se derive por esta causa.
- Que el presente proyecto no ha sido presentado en ninguna convocatoria de otra institución pública o privada. El incumplimiento será causal para que el proyecto no sea tomado en consideración.
- Que si el proyecto genera algún producto o procedimiento susceptible de obtener derechos de propiedad intelectual, de los cuales se deriven beneficios, aceptamos que éstos serán compartidos entre los investigadores y la institución o las instituciones participantes en el proyecto, conforme a lo establecido en el COESC.



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y VINCULACIÓN**



- Que el equipo de investigadores y/o instituciones participantes se comprometen a mantener la confidencialidad de la información si ésta podría ser susceptible de protección por patentes, y solicitar la valoración de propiedad intelectual respectiva previa a cualquier publicación o difusión.
- Que para el caso de derechos de autor otorgamos una licencia de uso exclusivo con fines académicos para la o las instituciones participantes en el proyecto.
- Que aceptamos conocer y cumplir con la normativa vigente para la gestión de proyectos.

-----  
Firma del Director del Proyecto

Nombre: Oscar Eduardo Camacho Quintero

C.I.: 1757261837



**AÑO 1**

Título del proyecto

Desarrollo e implementación de esquemas de Control Avanzado para Páncreas Artificial

Lista de Items	Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial	Precio Total Referencial	Precio Unitario Referencial con IVA/ Aporte del IESS	Precio Total Referencial con IVA / Aporte del IESS
<b>1 Contratación de servicios personales por contrato</b>						
1.1 Ayudante de investigación 1		mes	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
1.2 Ayudante de investigación 2		mes	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
1.3 Prestación de servicios profesionales 1 (Homologado Escala de remuneración de servidores publicos)	12	mes	\$ 986,00	\$ 11.832,00	\$ 1.104,32	\$ 13.251,84
1.4 Prestación de servicios profesionales 2 (Homologado Escala de remuneración de servidores publicos)		mes	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 1</b>			\$ 986,00	\$ 11.832,00	\$ 1.104,32	\$ 13.251,84
<b>2 Maquinaria y equipo especializado</b>						
2.1 Item 1 (Software de simulacion especializado para el modelamiento de pancreas artificial que sea certificado)	1	1	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00	\$ 11.200,00	\$ 11.200,00
2.2 Item 2 (Equipos Electronicos)	1		\$ 400,00	\$ 400,00	\$ 448,00	\$ 448,00
2.3 Item 3 (Sistemas Embebidos)	2		\$ 1.200,00	\$ 2.400,00	\$ 1.344,00	\$ 2.688,00
2.4 Item 4 (Sensores y Actuadores para suministrar insulina)	1		\$ 2.500,00	\$ 2.500,00	\$ 2.800,00	\$ 2.800,00
2.5 Item 5 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 2</b>			\$ 14.100,00	\$ 15.300,00	\$ 15.792,00	\$ 17.136,00
<b>3 Equipo informático</b>						
3.1 Item 1 (Servidor)	1		\$ 3.800,00	\$ 3.800,00	\$ 4.256,00	\$ 4.256,00
3.2 Item 2 (Computador Personal)	1		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.3 Item 3 (Impresora laser)	1		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.4 Item 4 (UPS Regulador)	1		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.5 Item 5 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 3</b>			\$ 3.800,00	\$ 3.800,00	\$ 4.256,00	\$ 4.256,00
<b>4 Insumos y reactivos</b>						
4.1 Item 1 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.2 Item 2 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.3 Item 3 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.4 Item 4 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.5 Item 5 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 4</b>			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>5 Literatura especializada</b>						
5.1 Cantidad de libros (especificar el area)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.2 Adquisición de articulos científicos			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 5</b>			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>6 Salidas de campo y de muestreo</b>						
6.1 Pasajes al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
6.2 Viaticos y subsistencias al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 6</b>			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>7 Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas</b>						
7.1 Pasajes al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
7.2 Viaticos y subsistencias al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 7</b>			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>8 Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas</b>						
8.1 Pasajes al exterior	2	2	\$ 600,00	\$ 1.200,00	\$ 1.344,00	\$ 1.344,00
8.2 Viaticos al exterior	8	8	\$ 239,70	\$ 1.917,60	\$ 1.917,60	\$ 1.917,60
<b>Subtotal 8</b>			\$ 839,70	\$ 3.117,60	\$ 3.261,60	\$ 3.261,60
<b>9 Pago de inscripciones</b>						
9.1 Pago de inscripciones al interior	2		\$ 500,00	\$ 1.000,00	\$ 560,00	\$ 1.120,00
9.2 Pago de inscripciones al exterior	2		\$ 700,00	\$ 1.400,00	\$ 959,00	\$ 1.918,00
<b>Subtotal 9</b>			\$ 1.200,00	\$ 2.400,00	\$ 1.519,00	\$ 3.038,00
<b>10 Pago de publicaciones, suscripciones y patentes</b>						
10.1 Pago de publicaciones			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.2 Pago de publicaciones al exterior	1		\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.3 Pago de suscripciones			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.3 Pago de patentes			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 10</b>			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>TOTAL</b>				\$ 36.449,60		\$ 40.943,44



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y VINCULACIÓN**  
**PRESUPUESTO PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN**



**AÑO 2**

Título del proyecto

Desarrollo e implementación de esquemas de Control Avanzado para Páncreas Artificial

Lista de Items		Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial	Precio Total Referencial	Precio Unitario Referencial con IVA/ Aporte del IESS	Precio Total Referencial con IVA / Aporte del IESS
<b>1 Contratación de servicios personales por contrato</b>							
1.1	Ayudante de investigación 1		mes	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
1.2	Ayudante de investigación 2		mes	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
1.3	Prestación de servicios profesionales 1 (Homologado Escala de remuneración de servidores publicos)	12	mes	\$ 986,00	\$ 11.832,00	\$ 1.104,32	\$ 13.251,84
1.4	Prestación de servicios profesionales 2 (Homologado Escala de remuneración de servidores publicos)		mes		\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 1</b>				<b>\$ 986,00</b>	<b>\$ 11.832,00</b>	<b>\$ 1.104,32</b>	<b>\$ 13.251,84</b>
Lista de Items		Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial sin IVA	Precio Total Referencial sin IVA	Precio Unitario Referencial con IVA	Precio Total Referencial con IVA
<b>2 Maquinaria y equipo especializado</b>							
2.1	Item 1 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.2	Item 2 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.3	Item 3 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.4	Item 4 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.5	Item 5 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 2</b>				<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>
<b>3 Equipo informático</b>							
3.1	Item 1 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.2	Item 2 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.3	Item 3 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.4	Item 4 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.5	Item 5 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 3</b>				<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>
<b>4 Insumos y reactivos</b>							
4.1	Item 1 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.2	Item 2 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.3	Item 3 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.4	Item 4 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.5	Item 5 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 4</b>				<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>
<b>5 Literatura especializada</b>							
5.1	Cantidad de libros (especificar el area)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.2	Adquisición de artículos científicos			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 5</b>				<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>
<b>6 Salidas de campo y de muestreo</b>							
6.1	Pasajes al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
6.2	Viaticos y subsistencias al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 6</b>				<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>
<b>7 Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas</b>							
7.1	Pasajes al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
7.2	Viaticos y subsistencias al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 7</b>				<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>
<b>8 Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas</b>							
8.1	Pasajes al exterior	2		\$ 600,00	\$ 1.200,00	\$ 672,00	\$ 1.344,00
8.2	Viaticos al exterior	8		\$ 239,70	\$ 1.917,60	\$ 239,70	\$ 1.917,60
<b>Subtotal 8</b>				<b>\$ 839,70</b>	<b>\$ 3.117,60</b>	<b>\$ 911,70</b>	<b>\$ 3.261,60</b>
<b>9 Pago de inscripciones</b>							
9.1	Pago de inscripciones al interior	2		500,00	\$ 1.000,00	\$ 560,00	\$ 1.120,00
9.2	Pago de inscripciones al exterior	2		500,00	\$ 1.000,00	\$ 685,00	\$ 1.370,00
<b>Subtotal 9</b>				<b>\$ 1.000,00</b>	<b>\$ 2.000,00</b>	<b>\$ 1.245,00</b>	<b>\$ 2.490,00</b>
<b>10 Pago de publicaciones, suscripciones y patentes</b>							
10.1	Pago de publicaciones	1			\$ -	\$ -	\$ -
10.2	Pago de publicaciones al exterior	1			\$ -	\$ -	\$ -
10.3	Pago de suscripciones			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.3	Pago de patentes			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 10</b>				<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 16.949,60</b>		<b>\$ 19.003,44</b>



ESCUELA POLITECNICA NACIONAL  
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y VINCULACIÓN  
PRESUPUESTO PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN



Título del proyecto

Desarrollo e implementación de esquemas de Control Avanzado para Páncreas Artificial

Presupuesto consolidado sin IVA

AÑO	Contratación de servicios personales por contrato	Maquinaria y equipo especializado	Equipo informático	Insumos y reactivos	Literatura especializada	Salidas de campo y de muestreo	Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas	Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas	Pago de inscripciones	Pago de publicaciones y patentes	Total sin IVA
1	\$ 11.832,00	\$ 15.300,00	\$ 3.800,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3.117,60	\$ 2.400,00	\$ -	\$ 36.449,60
2	\$ 11.832,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3.117,60	\$ 2.000,00	\$ -	\$ 16.949,60
TOTAL	\$ 23.664,00	\$ 15.300,00	\$ 3.800,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 6.235,20	\$ 4.400,00	\$ -	\$ 53.399,20

Presupuesto consolidado con IVA

AÑO	Contratación de servicios personales por contrato	Maquinaria y equipo especializado	Equipo informático	Insumos y reactivos	Literatura especializada	Salidas de campo y de muestreo	Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas	Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas	Pago de inscripciones	Pago de publicaciones y patentes	Total con IVA
1	\$ 13.251,84	\$ 17.136,00	\$ 4.256,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3.261,60	\$ 3.038,00	\$ -	\$ 40.943,44
2	\$ 13.251,84	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3.261,60	\$ 2.490,00	\$ -	\$ 19.003,44
TOTAL	\$ 26.503,68	\$ 17.136,00	\$ 4.256,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 6.523,20	\$ 5.528,00	\$ -	\$ 59.946,88



