



Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado
Secretaría de Ciencia y Tecnología

**SISTEMA DE INFORMACION DE CIENCIA Y
TECNOLOGIA (SICyT)**

FORMULARIO PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Código del Proyecto: ENTCDN0008572TC

1. Unidad Científico-Tecnológica

- FR Neuquén - DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTRONICA - FRN
- FR Neuquén - GESE (GRUPO ESTUDIO SOBRE ENERGÍA) FRN
- FR Neuquén - LABORATORIO DE EVALUACIÓN DE AEROGENERADORES INTI NEUQUÉN

2. Denominación del PID

DESARROLLO DE BANCO DE EMULACIÓN DE AEROGENERADORES DE BAJA POTENCIA, CON EL FIN DE EVALUAR EL DESEMPEÑO DE SISTEMAS DE CONVERSIÓN (WECS) EN GENERACIÓN DISTRIBUIDA.

3. Resumen Técnico del PID

Desde hace algunas décadas se plantean cambios en la manera de obtener la energía eléctrica, la cual va hacia un desarrollo sostenible en el lugar de consumo, promoviendo la descarbonización, descentralización y brindando además beneficios socio-económicos. En función de ello, como contribución, en la Argentina se sanciona y reglamenta la ley 27.424 de generación distribuida, dando la posibilidad de una participación activa a los usuarios conectados en las redes de suministro de baja tensión. Esto implica desafíos tecnológicos, ya que es de suma importancia predecir el impacto que tendrá en la estabilidad y calidad del suministro eléctrico la inserción de la generación renovable de característica variable y no gestionable, en especial cuando surja la necesidad por el incremento como en otros países de la solar fotovoltaica (PV) residencial, y tener que compensar con otras de diferentes perfiles de generación. Frente a ello, por lo tanto es probable que la eólica de baja potencia, según el recurso disponible, pueda convertirse en una interesante opción. Lo anterior implica desafíos tecnológicos y la necesidad de opciones de mejora en los métodos de desarrollo y ensayo de los sistemas de conversión de la energía eólica de baja potencia antes de ser probados en campo. Cabe aclarar que a diferencia de los sistemas PV, en los sistemas eólicos de baja potencia existe una gran variedad en cuanto a configuraciones y tecnologías posibles de conversión de la energía del viento. A pesar de ello, los mercados actuales están dominados principalmente por la basada en el generador de imanes permanentes. Existen varias topologías de conversión para esta tecnología, sin embargo, la mayoría de los aerogeneradores por debajo de los 50kW conectados a la red, utilizan la siguiente: rectificador, convertidor CC/CC, e inversor con las necesarias protecciones por sobretensiones y excesivas velocidades de giro. Dos disposiciones son utilizadas predominantemente, una por los fabricantes en potencias por encima de los 10kW que posee una electrónica de potencia y control por lo general de desarrollo propio, y en la segunda opción se adquieren o adaptan convertidores comerciales al sistema electromecánico. En síntesis, dado el desafío de adaptar convenientemente los sistemas de conversión de la energía cinética del viento a través de un rotor de palas, su transformación a mecánica y luego a eléctrica en forma controlada y segura, y la necesidad de acortar la brecha o diferencias entre las simulaciones computacionales y las obtenidas en campo, es que se observa como conveniente y necesario del desarrollo de un banco de ensayos que permita emular las variables de desempeño principales de un rotor de palas, sin que estas se encuentren físicamente presentes, según las diferentes velocidades de viento, de manera que tanto el torque como velocidad de giro impuestos al generador eléctrico sean lo más acordes a aquellos obtenidos a través de pruebas en túnel de viento o de campo. Esta posibilidad en principio brinda una manera ventajosa de poder probar el prototipo del sistema de conversión eléctrico sin la necesidad de tener que desarrollar o adquirir un sistema de palas, mecánica completa, torre, montajes, acondicionamientos del lugar, y esperar el tiempo necesario para se cumplan las condiciones de viento para su ensayo, o tener que recurrir a un túnel de viento, lo cual en una primera etapa de validar especificaciones de desempeño de simulaciones computacionales puede incurrir en elevados costos de implementación y prueba. Por lo tanto esta opción de estandarizar un banco de ensayos del sistema de conversión de la energía eólica de baja potencia, acortaría la brecha de error con un costo "razonable" entre las simulaciones computacionales y las de campo o experimentales, ya que previo a estas permitiría probar al sistema completo de conversión de la energía cinética del viento en eléctrica (WECS), conformado por el generador eléctrico, prototipos de electrónica de potencia y su control, permitiendo una gran flexibilidad en el cambio de las variables de salida aerodinámicas de un rotor de palas, y por lo tanto propiciar la mejor adopción según desempeños obtenidos entre sistema aerodinámico/mecánico y el eléctrico, en principal cuando se trabaje en un entorno de generación distribuida. Lo dicho, cabe aclarar, no quita el tener que validar con ensayos de campo, pero estos se harían dentro de un marco de mayores posibilidades de éxito frente a las especificaciones de desempeño previamente planteadas.

4. Programa

Energía

5. Proyecto

Tipo de Proyecto: PID EQUIPOS CONSOLIDADOS CON INCENTIVOS

Tipo de Actividad: Investigación Aplicada

Campos de Aplicación:

Rubro	Descrip. Actividad	Otra (especificada)
ENERGIA (Producción)	Eólica	
DESARROLLO DE LA EDUCACION	Ciencia y tecnología	

Disciplinas Científicas:

Rubro	Disciplina Científica	Otras Disciplinas Científicas
INGENIERÍA EN COMUNICACIONES ELECTRÓNICA Y CONTROL	Computación	-
INGENIERÍA EN COMUNICACIONES ELECTRÓNICA Y CONTROL	Control	-
INGENIERÍA EN COMUNICACIONES ELECTRÓNICA Y CONTROL	Electrónica	-
INGENIERIA ELÉCTRICA	Generación	-

Palabras Clave

Simulador Turbina Eólica, Baja Potencia, Control, Generación Distribuida

6. Fechas de realización

Inicio	Fin	Duración	Fecha de Homologación
01/04/2023	31/03/2026	36 meses	22/12/2022

7. Aprobación/ Acreditación / Homologación / Reconocimiento (para ser completado por la SCyT - Rectorado)

7.1 Aprobación / Acreditación / Reconocimiento (para ser completado por la FR cuando se posea N° Resolución)

N° de Resolución de aprobación de la FR:

7.2 Homologación (para ser completado por la SCyT - Rectorado)

Código SCyT: ENTCDN0008572TC

Disposición SCyT: 51/2022

Código Ministerio:

8. Estado (para ser completado por la SCyT - Rectorado)

HOMOLOGADO

9. Avals (presentación obligatoria de avals)

Aval UTN FRN (Secretario Ciencia y Técnica y Decano), Aval INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Neuquén), C.V: Ruben Bufanio, Monte Gustavo, Scarone Norberto, Marasco Damian, Agnello Ariel, Contreras Gonzalo, Robaina Tiago, Zappa Andrés, Wild Cañón Carlos Alberto, Amadío Mariano, Pablo Liscovsky,

10. Personal Científico Tecnológico que participa en el PID

Apellido	Nombre	Cargo	Hs/Sem	Fecha Alta	Fecha Baja	Otros Cargos	Cargo docente	Año cargo docente	Categ. Investigador Universitario	Categ. Prog. Incentivos	
BUFANIO	RUBÉN DOMINGO	DIRECTOR	10	01/04/2023	31/03/2026		<ul style="list-style-type: none">Profesor AdjuntoProfesor Titular	2008	Investigador C	Investigador IV	Descargar CV
SCARONE	NORBERTO CARLOS	CO-DIRECTOR	10	01/04/2023	31/03/2026		Profesor Adjunto	2012	Investigador C	Investigador IV	Descargar CV
MARASCO	NESTOR DAMIAN	INVESTIGADOR FORMADO	10	01/04/2023	31/03/2026		<ul style="list-style-type: none">Jefe de Trabajos PrácticosProfesor Adjunto	2019	Ninguna	Investigador V	Descargar CV
AGNELLO	ARIEL EDGARDO	INVESTIGADOR FORMADO	10	01/04/2023	31/03/2026		Profesor Adjunto	2015	Investigador D	Ninguna	Descargar CV
MONTE	GUSTAVO EDUARDO	INVESTIGADOR FORMADO	5	01/04/2023	31/03/2026		Profesor Titular	1986	Investigador C	Investigador II	Descargar CV
LISCOVSKY	PABLO OSCAR	INVESTIGADOR DE APOYO	1	01/04/2023	31/03/2026		Profesor Adjunto	2003	Ninguna	Investigador IV	Descargar CV
ZUÑIGA	CRISTIAN NICOLAS	INVESTIGADOR DE APOYO	10	01/04/2023	31/03/2026				Ninguna	Ninguna	Descargar CV

ZAPPA	ANDRES ENRIQUE	INVESTIGADOR DE APOYO	2	01/04/2023	31/03/2026				Ninguna	Ninguna	Descargar CV
AMADÍO	MARIANO	INVESTIGADOR DE APOYO	2	01/04/2023	31/03/2026				Ninguna	Ninguna	Descargar CV
WILD CAÑÓN	CARLOS ALBERTO	INVESTIGADOR DE APOYO	2	01/04/2023	31/03/2026				Ninguna	Ninguna	Descargar CV
CONTRERAS	GONZALO FEDERICO	BECARIO ALUMNO FAC.REG.	5	01/04/2023	31/03/2026		Ayudante de 2da	2022	Ninguna	Ninguna	Descargar CV
ROBAINA	TIAGO	BECARIO ALUMNO FAC.REG.	5	01/04/2023	31/03/2026				Ninguna	Ninguna	Descargar CV

11. Datos de la investigación

Estado actual de concimiento del tema

El conocimiento sobre el tema radica por lo obtenido a través de la búsqueda bibliográfica, lo elaborado por medio de los trabajos de investigación y el desarrollo de trabajos finales de tesis de grado.

11.1 Trabajos de Investigación:

PID UTN1899, finalizado en diciembre del 2015 y entregado su trabajo final en agosto del 2016 y aprobado satisfactoriamente, junto al también finalizado PID ENUTIHA0004726TC, que investigaron y desarrollaron diferentes versiones novedosas del control de potencia para aerogeneradores (por bajo de algunos kW), permitieron entender en detalle estos sistemas en lo que respecta a la regulación en la denominada zona de "carga total". Los avances se presentaron en diversas reuniones científicas, como las Jornadas Científico-Técnicas REGEDIS en el CEDER-CIEMAT de España (Soria, España, 2018), Congreso de Energías Renovables 2019 en Bahía Blanca, y en Wind-Power Argentina 2018. Por otra parte se destaca por su temática, como base muy importante para este futuro estudio, lo desarrollado y adquirido a través del PIDTUN4290 (Tutorado), finalizado en 03/2019 y aprobado satisfactoriamente (2021), del cual se estudiaron los convertidores de potencia en particular los utilizados con generador sincrónico PMSG multipolo. De dicho estudio se obtuvo importante conocimiento en lo que es la estrategia de control de potencia activa y reactiva intercambiada con la red, modelado completo del sistema aerogenerador desde el punto de vista eléctrico, entregando interesantes resultados en lo que respecta a sus objetivos, como la mitigación del contenido armónico inyectado a la red eléctrica, y el control del flujo de energía para diferentes condiciones de recurso eólico y red eléctrica. Del mismo derivaron varias presentaciones, como la realizada en el III Congreso de Investigación y Transferencia Tecnológica en Ingeniería Eléctrica CITTIE 2019, y Octavo Seminario Nacional de Energía SENE 2019, organizado en septiembre del 2019 por la UTN FRLP, a través de la cual se publicó el trabajo "Control de Energía Eólica PMSG, On Grid, para Baja Potencia" en la revista Ingenio Tecnológico, vol. 2, 2020. De la misma manera avances de esta última investigación fueron presentadas entre el 19 y 21 de noviembre del 2019 dentro de la red REGEDIS (Programa CYTED) en la Universidad Pontificia Bolivariana de la ciudad de Medellín, Colombia, y una publicación aprobada en revista internacional con doble referato (Academic Star - USA) de mismo año.

Por otra parte lo adquirido a través del PID ENUTNDN0006559 actualmente en vigencia, a través del cual se ha desarrollado un sistema de evaluación de la calidad de energía eléctrica inyectada por los generadores eólicos de baja potencia, cuyos avances en lo que respecta a la emisión y evaluación del Flicker fueron presentados en noviembre del 2021 en X Seminario Nacional Virtual de Energía y su Uso Eficiente, mismo se ha realizado una presentación de dichos trabajos en ARGENCON 2022, a través del título "Proposal for flicker measurement and evaluation in grid-connected low-power wind turbines" el cual se encuentra en etapa de evaluación.

También es de destacar lo obtenido por lo realizado a través del GESE de la UTN FRN invitado a participar del grupo de trabajo ERANET-LAC SWTOMP (Small Wind Turbines Optimization and Market Promotion), liderado por el CEDER-CIEMAT de España, que tiene el objetivo principal de promocionar, desarrollar e implementar nuevas soluciones en el uso de los aerogeneradores de pequeña y media potencia. Fue llevado adelante con la participación de diferentes Centros y Universidades de Turquía, Finlandia, Rumanía, Uruguay y República Dominicana entre otros, cabe aclarar que la UTN FRN lidero el caso de estudio de lo desarrollado en este grupo de trabajo que resultó en el trabajo presentado, aprobado y publicado el 12 de marzo del 2022 en la revista internacional Energies-MDPI con el título "An Update on the Electronic Connection Issues of Low Power SWTs in AC-Coupled Systems: A Review and Case Study".

11.2 Trabajos final de grado:

Por último, como se indicó en principio, el trabajo de Tesis de Grado de Ingeniería Electrónica del ya Ing. Nicolas Zuñiga (diciembre 2021), de título "Diseño e Implementación de Emulador de Turbina Eólica", a través del cual, y con el acompañamiento del grupo que lidera el director de esta propuesta, se fueron obteniendo interesantes resultados respecto a la emulación de las curvas torque velocidad de giro (paramétricas velocidad

del viento) de diferentes perfiles alares de rotores.

11.3 Investigación bibliográfica que sostiene y justifica este trabajo, a saber:

11.3.1 Orientada a comprender en detalle los fundamentos sobre la generación de energía eólica de baja potencia y su normativa de seguridad y diseño, útil tanto para los que se inician en este equipo de trabajo como para aquellos más experimentados (dado la complejidad de la temática) la puedan seguir estudiando.

Debido que se va a trabajar en eólica de baja potencia es importante conocer las recomendaciones de seguridad y diseño que se determinan para aerogeneradores de baja potencia, y por otro lado los fundamentos tecnológicos que la rigen. Por lo tanto aquí se utilizan dos referencias, la [1] que trata dichos fundamentos, y la [2] como la normativa que regula las condiciones de diseño y seguridad, como se indica, para aerogeneradores con área de barrido de rotor menor a los 200m².

11.3.2: Orientada a comprender los conceptos que establecen las pautas para las especificaciones de diseño, evaluación y ensayo dentro de la generación eólica.

Aquí es de mucho aporte la [3], respecto a los requerimientos de diseño, documentación y certificación para con un generador eólico de baja potencia. Mismo para poder incursionar en el control de potencia, la [4] y [5] dan un interazante tratamiento de conceptos aerodinámicos, en especial en la primera en baja potencia, respecto al estudio, opciones de mejora y validación de la teoría de BEM (Blade Element Momentum). En los tratados [6], [7] y [8] se encuentran los conceptos fundamentales sobre las características y comportamientos estacionarios y dinámicos de los rotores de palas que permiten un mejor entendimiento de las condiciones a emular. Por otro lado la [9] muestra métodos de ensayo y evaluación por medio de tunel de viento, muy útil en la validación de prototipos experimentales obtenidos en base a los diseños y modelos computacionales. Por último en [10] se brinda una revisión de los sistemas actuales de generación eólica de baja potencia con conexión a la red eléctrica, las dificultades que se encuentran y un caso de estudio para mitigarlas.

11.3.3: Orientada a comprender los métodos actuales de ensayo de aerogeneradores de baja potencia en especial los que utilizan bancos de emulación (WTS) destinados a la generación distribuida, de manera poder establecer opciones de mejora.

En la [11] se detalla un análisis, y demuestra experimentalmente, la necesidad de aplicar un algoritmo al sistema de emulación que tenga en cuenta la dinámica de la turbina eólica en lugar de solo la estática, demostrando que con el tratamiento estacionario no se logra visualizar adecuadamente los transitorios reales debido principalmente a la diferencia en los momentos de inercia que se obtienen con un driver y máquina de inducción o sincrónica, mucho menores, respecto al de una turbina eólica real. Por lo tanto, luego de corroborar a través de herramienta informática el adecuado desempeño del algoritmo planteado, se lo aplica al banco experimental de emulación cuyas salidas se comparan con el de una turbina real de 7.5kW, obteniendo valores muy similares. En [12] y [13] se simulan a través de Simulink/Matlab el comportamiento estático y dinámico de un sistema WT (wind turbine), en la primera sin desarrollar la parte de conversión y control eléctrico y en la segunda con detalle de dicho esquema y su control inyectando energía a la red trifásica de baja tensión. En [14] se ha diseñado, construido y evaluado un simulador físico de aerogenerador WTS (wind turbine simulator) en un entorno de microrred, con el objetivo principal de investigar la integración y control de coordinación de los sistemas de energía eólica en dicho entorno. Para ello se implementa en la simulación un control vectorial del torque sobre un motor de inducción, estrategia que permite entregar un par independiente, logrando un comportamiento dinámico de elevada precisión, que proporciona flexibilidad para adaptarse a una amplia gama de condiciones de viento. Además, también se incluye la construcción del simulador y el diseño del sistema de control, esquema a través del cual se corrobora un comportamiento similar al de la turbina eólica real tanto en estado estacionario como dinámico. Luego en [15] se investiga y se da solución a la problemática de que la inercia de los WTS sea mucho menor que la de los sistemas físicos reales (WT), aportando un esquema de compensación de inercia en el WTS que replica el comportamiento mecánico "lento" de los WT. Además en este trabajo se corrobora que la inestabilidad de los WTS, aplicando el esquema de compensación de inercia, caracterizada por la oscilación del par de compensación, es causada por el retardo de tiempo de un paso producido en la observación de la aceleración. Por lo tanto para dar solución, se desarrolla y analiza la estabilidad a través de un modelo discreto lineal de WTS que considera dicho tiempo de retraso en la observación de la aceleración. Además, con el fin de simular de manera estable los WT con gran inercia, se implementa un esquema de compensación de inercia mejorado, aplicando un filtro digital de primer orden que mitiga la desviación de la respuesta inducida por el tiempo. Por otro lado en [16] se presenta un emulador de aerogenerador utilizando un algoritmo basado en la teoría del momento del elemento de pala (BEM), la propuesta se basa en un control sobre máquina de inducción, que permite emular un diseño de aerogenerador sin tener que fabricarlo, permitiendo ensayarlo para condiciones arbitrarias de la velocidad del viento y su perfil o gradiente según la altura sobre el suelo. Por último en [17], se propone y valida experimentalmente a través de un WTS con máquina de inducción, una solución a la problemática de sobre tensión y velocidad de giro en que podría incurrir un aerogenerador PMSG de baja potencia y velocidad variable cuando es conectado a la red eléctrica (sin acumulación), para lo cual se desarrolla, implementa, y valida con un emulador, un sistema de conversión (WECS) con chopper Boost en tres modos de operación, según diferentes regiones de trabajo, en función de la velocidad del viento.

- [1] Wood, D. Small Wind Turbines: Analysis, Design and Application; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2011.
- [2] IEC 61400-2 Ed.3; Wind Turbines?Part 2: SmallWind Turbines. International Electrotechnical Commission: Geneva, Switzerland, 2013
- [3] Sven W. Enevoldsen, Small Wind Turbines Engineering, Randers Denmark, 2015.
- [4] Maryam Refan and Horia Hangan, ?Aerodynamic Performance of a Small Horizontal Axis Wind Turbine, Journal of Solar Energy Engineering, Vol. 134, 2012.
- [5] Su Liu and Isam Janajreh, Development and application of an improved blade element momentum method model on horizontal axis wind turbines, SpringerOpen Journal, 2012.
- [6] Burton, T., Sharpe, D., Jenkins, N. & Bossanyi, E; "Wind Energy Handbook", John Wiley and Sons, Ltd, 2011.
- [7] A. P. Schaffarczyk, Introduction to Wind Turbine Aerodynamics, 1st Ed, Springer Science & Business Media, pp. 85 ? 91, 2014.
- [8] Martin O. L. Hansen, ?Aerodynamics of Wind Turbines, 3rd Ed, Earthscan, pp. 38 ? 53. 2015.
- [9] R. Lanzafame, S. Mauro, M. Messina, Numerical and experimental analysis of micro HAWTs designed for wind tunnel applications, SpringerOpen Journal, 2016.
- [10] R. Bufanio , L. Arribas, J. de la Cruz, T. Karlsson, M. Amadio, A Zappa, D. Marasco, An update on the electronic connection issues of low power SWTs in AC-coupled systems: a review and case study, Energies, MDPI, 2022.
- [11] Jiawei Chen, Jie Chen, Chunying Gong and Huizhen Wang, Design and Analysis of Dynamic Wind Turbine Simulator for Wind Energy Conversion System, Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society (IECON), pp. 971977, 2012.
- [12] Phlearn Jansuya and Yuttana Kumsuwan, Design of MATLAB/Simulink Modeling of Fixed-Pitch Angle WT Simulator, Energy Procedia 34, pp. 362 ? 370, 2013.
- [13] Bufanio R., Marasco D., Monte G., De Villafior A., González J., Scarone N., and Bracco R.; Low Power Wind Energy Control WECS PMSG On-Grid; Modern Environmental Science and Engineering, Volume 5, Number 6, June 2019.
- [14] Devbratta Thakur and Jin Jiang, "Simulator for Integration to a Microgrid with Renewable Energy Sources", Electric Power Components and Systems, 45(9):949?963, 2017.
- [15] Weijie Li, Minghui Yin, Zaiyu Chen and Yun Zou, Inertia Compensation Scheme for Wind Turbine Simulator Based on Deviation Mitigation, J. Mod. Power Syst. Clean Energy (2017), Vol. 5(2), pp. 228-238, 2017.
- [16] K. Ohyama and T. Nakashima, Wind Turbine Emulator Using Wind Turbine Model Based on Blade Element Momentum Theory?, International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion (SPEEDAM), pp. 762-765, 2010.
- [17] S. Tammaruckwattana and K. Ohyama, "Modeling and Simulation of Permanent Magnet Synchronous Generator Wind Power Generation System Using Boost Converter Circuit", Fukuoka Institute of Technology, 2013.

Grado de Avance

El grado de avance de este proyecto se fundamenta a través de lo realizado en los siguientes trabajos:

Título: Estudio de Controles de Paso de Pala para Generador Eólico de Baja Potencia

Código: UTN1899

Programa: Energía

Director: Ing. Hugo Garbuglia

Mg. Ing. Bufanio: Investigador

Finalización: 12/2015

Resumen: Lograr la optimización del rotor de un generador eólico, de potencia por debajo de los 10kW, para

Intentar un mejor desempeño en la obtención de la energía eléctrica a través del viento, en especial en su zona de carga total. Para ello se estudió y propuso un sistema de paso de pala hacia "bandera" por encima de la velocidad de viento nominal, de manera de incrementar las condiciones de amortiguamiento de cargas aerodinámicas y por ende disminuir la fatiga del dispositivo electroproductor.

Se Desarrolló, en principio, un rotor por control de potencia por pérdida aerodinámica Stall (por su definición en inglés) de paso fijo y luego con fines de comparación otro con controles de paso de pala hacia "bandera", para este último a través de un sistema netamente mecánico con centrifugos. Además luego se modeló, por medio de programa computacional, un método de control de potencia por paso de pala haciendo énfasis a la zona de trabajo de la turbina eólica por encima del viento nominal de manera de poder comparar contra ensayos de laboratorio y campo.

Las conclusiones entre los prototipos planteados, tanto del punto de vista de desempeño estructural como de extracción de energía, indicaron marcados beneficios al utilizar el control pasivo por paso de pala hacia bandera. Lo único se encontraron varias dificultades respecto a fenomenos de histéresis en la curva de potencia, lo cual promovió el planteamiento de futuros cambios en el desarrollo mecánico del control centrifugo, ya que ese inconveniente redundaba en una deficiencia en la producción energética.

Título: Medición de Recurso Eólico con Fines Energéticos

Código: UTN1894

Programa: Energía

Directora: Dra. Julia Contín

Mg. Ing. Bufanio: Investigador

Finalización: 12/2015

Resumen: Se desarrollo un módulo mediante el software de libre acceso "R", que es utilizado para la caracterización del recurso eólico, incluyendo funciones estadísticas para análisis descriptivos e inferencial.

El paquete se encuentra en funcionamiento por medio de una interfaz web para realizar todo tipo de análisis de recurso eólico.

Título: Propuesta y optimización de la energía eléctrica entregada por la generación eólica PMSG (generación sincrónica a imanes permanentes)

Código: TUN4290

Programa: Energía

Director: Mg. Ing. Bufanio

Finalización: 03/2019

Investigadores: Mg. Ing. Monte Gustavo, Ing. Damián Marasco, Ing. Norberto Scarone, Ing. Juan Manuel Gonzalez.

Becarios: Alumnos, Guillermo Lamilla y Walter Vidal

Finalizado y aprobado satisfactoriamente

Resumen: En la actualidad dado aspectos técnico-económicos y en fundamental medioambientales, cobra importancia suministrar energía eléctrica, en un entorno distribuido, a través de generación eólica donde el recurso lo permita.

Con el fin anterior, dentro del proyecto PID, TUN4290, y a través de los grupos del Laboratorio de Electrónica de la UTN Facultad Regional del Neuquén y del GESE (Grupo Estudio Sobre Energía) de la UTN Facultad Regional Haedo, se modeló y simuló, con Simulink® de Matlab®®, un aerogenerador de baja potencia, en este caso de 50kW, con tecnología de conversión de la energía eólica (WECS) para generador sincrónico a imanes permanentes (PMSG) de polos no salientes, acoplamiento directo (Gear Less), de velocidad variable y paso de pala variable. Utiliza un esquema de control para captura de máxima energía del viento (MPPT, en zona de carga parcial), que aplica al PMSG un seteo de la corriente directa estatórica a cero amperes (control ZDC). Por otra parte, emplea una tecnología de conversión (back to back) en dos niveles, con modulación vectorial, y control de potencia activa y reactiva hacia la red utilizando un VOC (control orientado al voltaje) en lazo cerrado.

El sistema en etapa de modelado e implementación experimental, entregó índices que validan la bondad de la

propuesta desarrollada. Corrobora el buen desempeño de la estrategia propuesta de MPPT a través del control ZDC, donde al aplicar variaciones de viento de entre 3 m/s y 10 m/s, por lo general de mayor ocurrencia en la mayoría de los sitios, el sistema responde capturando la máxima energía.

La estrategia de control (VOC) lado red, permite controlar satisfactoriamente la inyección de potencia y reactivo con bajo contenido armónico de corriente gracias al algoritmo de modulación SVM (space vectorial modulation) planteado, menor al 5% por encima de los 5 m/s de velocidad de viento, llegando a un 2% a viento nominal. Mismo el sistema se comporta estable frente a las variaciones rápidas del viento, lo que indica una buena sintonía de los controladores y el control en general. Falta probar desempeño frente a perturbaciones en la red, o fallos de esta.

La implementación en prototipo experimental, aunque en su primer etapa de desarrollo dio buenos resultados con diversas cargas desde resistivas hasta utilizar como tal un motor de inducción. Por último, ya que es lo buscado con el modelado, se comenzó con la construcción del prototipo experimental y análisis de desempeño de inyección de energía a la red con buenos resultados por ser los primeros ensayos.

Título: Estudio de Control de Potencia por Paso de Pala para Generador Eólico de Baja Potencia

Código: ENUTIHA0004726TC

Programa: Energía

Director: Mg. Ing. Bufanio

Finalización: 12/2019 y aprobado satisfactoriamente

Resumen: Este trabajo parte de lo realizado en el PID1899 nombrado anteriormente y utiliza como base el diseño original de aerogenerador desarrollado por Hugg Piggott, el cual tiene amplia difusión a nivel mundial y es utilizado principalmente para generación de energía eléctrica en zonas aisladas.

Con el objetivo de incrementar la producción de energía a lo largo de la vida útil de la máquina, es que se realizó el rediseño aerodinámico de las palas buscando mejorar en los índices de desempeño respecto de la versión original, mismo se mejoró el sistema de control de paso de pala desarrollado en el PID UTN1899, el cual tiene el objetivo de realizar un control de potencia en la zona donde esta alcanza su valor máximo especificado de manera minimizar el uso del sistema de control por furling.

También, se realizaron de los equipos desarrollados ensayos en banco y túnel de viento con el fin de analizar resultados y obtener conclusiones.

Por otro lado, se incursionó en el método constructivo de impresión 3D, el cual permitió realizar una pala de gran complejidad de manera simple, repetitiva, y a un bajo costo en vista a que los desarrollos realizados puedan ser fácilmente replicables.

Gracias a los trabajos se ha solucionado el inconveniente de histéresis que presentaba el anterior sistema del PID1899, esto a través de regular en forma correcta la acción de masas y resortes, de esto se puede concluir la importancia de la baja fricción del sistema para su correcto funcionamiento. Por otra parte, del rediseño aerodinámico se pudo ajustar la performance del aerogenerador para que la misma se adapte al generador existente, lo cual y dado que los perfiles utilizados presentan una baja sensibilidad a la rugosidad, un alto C_{lmax} , y una suave entrada en pérdida, resulta esperable que el aerogenerador produzca una cantidad significativamente mayor de energía durante su vida útil.

La utilización de la tecnología 3D abrió una nueva gama de posibilidades para los ensayos de diversas geometrías, permitiendo realizar un sin número de réplicas a través del envío del archivo correspondiente, y la posterior impresión de la geometría en cualquier lugar del mundo sin la necesidad de grandes habilidades manuales.

PROYECTO CYTED (Convocatoria 2017), Propuesta Aprobada con Código N° P717RT0240

Mg. Ing. Ruben Bufanio, Investigador Formado por la UTN FRH y FRN en las áreas Tecnología Eólica de Pequeña Potencia e Integración en Red Eléctrica

Título: Red Temática REGEDIS RED DE ENERGÍA EÓLICA PARA LA GENERACIÓN DISTRIBUIDA EN EL ÁMBITO URBANO.

Coordinador General: Ignacio Cruz, Jefe de la Unidad de Energía Eólica, División de Energías Renovables, Departamento de Energía CIEMAT, Avda Complutense 40, 28040 MADRID, ESPAÑA.

En octubre del 2018 se realizó la primer jornada científico técnica donde por el lado de la UTN FRN-FRH, el Mg.

Ing. Ruben Bufanio presentó los trabajos de título:

Control de Energía Eólica WECS PMSG On-Grid de Baja Potencia, TUN4290

Estudio de control de paso de pala para generador eólico de baja potencia, UTI4726TC

En noviembre 2019 se presentaron avances del trabajo de Título: Control de Energía Eólica PMSG ,On-Grid, Para Baja Potencia en el Evento: Jornadas Científico-Técnicas de la Red Temática CYTED REGEDIS Código 718RT0565 Red de Energía Eólica para la Generación Distribuida.

Institución: Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia.

Duración: 48 meses (4 años: 2018-2021)

Grupos investigadores: 23 (18 centros/5 empresas)

Nº de personas que participan: 103

Nº de investigadores: 72

Nº de países que participan: 13 (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Cuba, El Salvador, España, México, Panamá, Perú, Portugal, Republica Dominicana y Uruguay).

Actividad: Desarrollo de Protección Electrónica Contra Sobre Velocidad y Tensión, por Fuertes Vientos, en Aerogeneradores de Baja Potencia.

Institución: Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Neuquén

Desarrolladores: Damián Marasco, Ruben Bufanio, Norberto Scarone, Gustavo Monte, Ariel Agnello, (Laboratorio Electrónica FRN).

Proyecto: Small Wind Turbines Optimization and Market Promotion (SWTOMP).

Instituciones intervinientes en programa SWTOMP:

CIEMAT (Centro de Desarrollo de Energías Renovables) -España

INTI (Instituto Nacional de Tecnología Industrial) Neuquén - Argentina

INEEL (Instituto Nacional de Electricidad y Energías Limpias) ? México

INTEC (Instituto Tecnológico de Santo Domingo ? República Dominicana

IZTECH (Izmir Institute of Technology) ? Turquía

UdelaR (Universidad de la República) ? Uruguay

UTCN Universitatea Tehnica din Cluj-Napoa) - Rumania

VTT (Technical Research Centre of Finland Ltd) -Finlandia

Lugar de prueba y ensayo: INTI Neuquén, Laboratorio de Evaluación de Aerogeneradores de Baja Potencia, Cuatralco, Neuquén.

Responsables de ensayos: INTI ,Andres Zappa , Mariano Amadio, Carlos Wild Cañon

Fechas: Abril-2020 a Agosto 2021.

En función de dicho trabajo en marzo 2022 fue evaluado y publicado en la revista internacional Energies MDPI el trabajo con título, "An Update on the Electronic Connection Issues of Low PowerSWTs in AC-Coupled Systems: A Review and Case Study"

Por último a través del PID 6559

Título : Propuesta y optimización para la medición y evaluación de la energía eólica de baja potencia inyectada en la red eléctrica de baja tensión

Código Proyecto: ENUTNDN0006559

Director: Mg. Ing. Ruben Bufanio

Duración: 01/01/2020 al 31/12/2022

Se presentan avances en noviembre del 2021, en el X SEMINARIO NACIONAL VIRTUAL ¿ENERGIA Y SU USO EFICIENTE, con título "Propuesta para la medición y evaluación del flicker en aerogeneradores de baja potencia conectados a redes de baja tensión"

Luego en ARGENCON 2022 se presenta para su evaluación el trabajo de título "Proposal for flicker measurement and evaluation in grid-connected low-power wind turbines", Autores: Ariel Agnello, Ruben Bufanio, Damian Marasco, Gustavo Monte, Norberto Scarone, Mariano Amadio, Rafael Oliva, Andres Zappa y Carlos Cañon, de resumen:

El objetivo de este trabajo forma parte de la investigación del impacto que podría tener la inserción de la generación eólica de baja potencia sobre los índices de calidad del suministro eléctrico en las redes de baja tensión. Para este primer estudio, debido a la diversidad de configuraciones que se encuentran en el mercado, y la variabilidad del recurso eólico, se investiga la denominada emisión de flicker o parpadeo. Se brinda una propuesta para su medición y evaluación según recomendaciones de normativas internacionales, siguiendo los lineamientos de la IEC-61400-21, ¿Medida y evaluación de la calidad de la energía eléctrica inyectada por las turbinas eólicas conectadas a la red de suministro eléctrico?. En función de dicha norma se desarrolla, y programa un algoritmo completo de medición del flicker, y se implementa en un prototipo electrónico experimental. Luego de comparaciones satisfactorias con otras herramientas, se lo aplica en el análisis de un aerogenerador comercial de 1kW inyectando energía a la red (220V-50Hz), ubicado en el laboratorio de evaluación de aerogeneradores de baja potencia que posee el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) en la región de Cutral-Co, provincia del Neuquén, Argentina. Se muestran los primeros resultados, los cuales dentro de los valores esperados se compararán en futuro con mediciones sobre otros aerogeneradores.

Lo que sigue corresponde a lo realizado por el INTI Neuquén en el polo tecnológico de la ciudad de CutralCo respecto de la medición y evaluación de curva de potencia según norma IEC, como principal, de los aerogeneradores de baja potencia de los fabricantes de nuestro país.

Resumen:

En INTI a través de su centro regional Neuquén, desarrolló en el año 2010 un relevamiento sectorial relativo al grupo de proveedores de aerogeneradores de fabricación nacional. A partir de dicho relevamiento se identificó la necesidad de implementar una metodología de medición de Curva de Potencia conforme a la norma IEC61400-12. Esto se instrumentó mediante un programa de fortalecimiento de fabricantes nacionales de Aerogeneradores de baja potencia, el cual incluía la instalación del Laboratorio de Ensayos de Aerogeneradores de Baja Potencia en la ciudad de Cutral Co.

En el marco del programa de fortalecimiento se han realizado ensayos de curva de potencia conforme a norma a siete modelos de aerogeneradores, cuyos resultados son de dominio público a través de la página de INTI Neuquén. Además de estos ensayos se han realizado ensayos a otros modelos que no formaban parte del programa de fortalecimiento de fabricantes. Asimismo se implementaron ensayos de Emisiones Sonoras conforme a IEC61400-11 y ensayos de Duración, conforme a IEC61400-2. El desarrollo de estos ensayos permitió a INTI adquirir capacidades de asesoramiento técnico en el diseño de rotores y reducción de emisiones sonoras, entre otras.

Para el desarrollo de las actividades indicadas, el INTI participó de reuniones del grupo SWAT (Small Wind Association of Testers) en los años 2012 en NREL, Estados Unidos y CIEMAT, España en 2013. Estas reuniones permitieron vincularse con técnicos de otros laboratorios y realizar ensayos de intercomparación para la puesta a punto y validación de las metodologías de ensayos. En años posteriores se continuó con la participación en el grupo SWAT bajo la modalidad a distancia. Los ensayos implementados en el laboratorio de Cutral Co, se encuentran auditados bajo la norma ISO17025 de calidad en laboratorios, del sistema de gestión de calidad de INTI.

Adicionalmente a las actividades de ensayo y asistencia técnica en el laboratorio, se desarrolló en el año 2013 un proyecto asociativo de diseño, PAD Mincyt, con el grupo de fabricantes mediante el cual se generaron una guía de divulgación y una guía para la instalación de aerogeneradores de baja potencia.

En el año 2016 se organizó el Foro Cyted ¿Energía Eólica de Baja Potencia en Iberoamérica? en la ciudad de Cutral Co.

Desde el año 2017 se participa en un proyecto ERANETLAC, denominado ¿SWTOMP? (Small Wind Turbine Optimization and Market Promotion), con técnicos de siete países. En el marco de dicho proyecto está en fase de implementación una metodología de ensayo de generadores eléctricos.

Desde el año 2018 se participa de la red Cyted REGEDIS (red de energía eólica para la generación distribuida en el ámbito urbano).

Con vistas a la continuidad de las actividades de los fabricantes, y considerando la reciente reglamentación de

la ley de generación distribuida 27424, es de interés en el laboratorio de INTI adquirir capacidades de ensayo y asistencia técnica para aerogeneradores conectados a la red de distribución eléctrica. En este aspecto el laboratorio cuenta con un pilar dedicado a inyección, mediante el cual se han realizado experiencias de inyección con tres modelos de aerogenerador e inversor de red. Se han evidenciado problemas para la correcta configuración y puesta a punto de equipos, que provocan que el desempeño de los mismos no sea el considerado en el diseño de los mismos. Esto se hace necesaria una ampliación de las capacidades del laboratorio para poder dar respuesta a la demanda del sector. Asimismo se plantea la necesidad de estudiar aspectos relacionados a calidad de energía, y su evaluación conforme a IEC61400-21.

Objetivos de la investigación

Objetivo General:

Desarrollar un banco de emulación de turbinas eólicas (WTS) de baja potencia, que permita evaluar y mejorar desempeños de diferentes configuraciones aerodinámicas y de conversión electromecánica (WECS), para una amplia gama de valores de la velocidad del viento, con la idea de una inserción eficaz de dicha tecnología en la generación distribuida.

Objetivos Específicos:

- a) Desarrollar por modelado y simulación, con herramienta computacional, un WTS con su respectivo sistema de control contemplando diferentes configuraciones típicas actuales, en especial analizando aquellas con mejor vinculación a la red eléctrica de baja tensión.
- b) Desarrollar e implementar un banco de emulación (WTS), con su sistema de control, que contemple las condiciones estacionarias y dinámicas de una turbina eólica real para diferentes condiciones del recurso eólico y sistemas de conversión (WECS) con vínculo a la red eléctrica de baja tensión.
- c) Validar con ensayos de campo, los resultados y desempeño del sistema propuesto de emulación (WTS) con los de una turbina eólica real, de manera se obtengan conclusiones que permitan establecer opciones de mejora al emulador de laboratorio desarrollado.

Descripción de la metodología

De acuerdo a objetivo general.

Enfoque / diseño metodológico:

- 1) Investigación y estudio de la problemática de poder adecuadamente definir especificaciones de desempeño sobre el diseño de un aerogenerador, y su sistema de conversión dentro del rango planteado de trabajo, que represente luego fielmente las condiciones de campo en márgenes de error aceptables, con costos y tiempos reducidos respecto a los de tener que elaborar y ensayar un prototipo experimental hasta que se cumplan las condiciones necesarias del recurso eólico especificadas.
- 2) Propuesta y elaboración de modelos y ensayos computacionales que representen las condiciones aerodinámicas y electromecánicas del sistema de conversión de la energía eólica (WECS), en diferentes configuraciones y opciones de trabajo en entornos distribuidos.
- 3) Modelado y simulación, con herramienta informática, de un sistema de emulación de generador eólico (WTS), que contemple adecuadamente su desempeño real, a través de un sistema de control por torque con un driver comercial sobre una máquina de inducción y sistema de realimentación de sensado de velocidad de giro, y aplique a un PMSG (generador sincrónico a imanes permanentes) con su correspondiente WECS.
- 4) Según condiciones obtenidas del punto anterior, el desarrollo y elaboración de un banco de emulación de laboratorio (WTS) que contemple las condiciones aerodinámicas y electromecánicas de un aerogenerador comercial, en principio utilizando cargas resistivas, y luego con un prototipo WECS (comercial y de desarrollo propio) vinculado a la red eléctrica de baja tensión, al igual que con opciones comerciales de este.
- 5) Validación con pruebas y ensayos de campo del WTS propuesto, a través de los resultados obtenidos del aerogenerador comercial en el rango de trabajo simulado, y en condiciones previamente especificadas.

Métodos técnicas e instrumentos:

Métodos: Estudio del problema a través del acervo bibliográfico y normativo, planteo de modelos computacionales y en función de sus resultados elaboración del banco (WTS). Validación con ensayos de campo, planteo de opciones de mejora y elaboración de documentación respectiva.

Técnicas: Medición de variables eolo-eléctricas que se relacionen con la propuesta, modelado y simulación, desarrollo experimental.

Instrumentos: software de modelado, instrumentos de medición de variables eléctricas y de recurso eólico.

Unidades de Análisis:

- 1) Estado del arte.

- 2) Modelo de WTS planteado y simulado con herramienta informática.
- 3) Banco de emulación experimental de laboratorio (WTS).
- 4) Análisis de desempeño del WTS en función de los ensayos de campo.
- 5) Evaluación de resultados y comparación con otros del medio nacional e internacional.

Variables e indicadores:

Comportamiento del torque aerodinámico y su respectivo electromagnético según los cambios en la velocidad del viento, mismo de la velocidad de giro, coeficiente de potencia y de torque en función de relación de velocidades de punta de pala y su paso (pitch), potencia, tensiones y corrientes asociadas a indicadores de desempeño anteriores y respecto a la estabilidad y calidad de la energía inyectada.

De acuerdo a abjetivos específicos:

OBJETIVO ESPECIFICO "A"

Enfoque / diseño metodológico :

- 1) Estudio de la bibliografía obtenida y de las normativas IEC.
- 2) Propuesta y modelado del sistema de control de la WTS con herramienta informática.
- 3) Evaluación de resultados a través del modelado y simulación.

Métodos técnicas e instrumentos:

- 1) Modelado y simulación de diferentes sistemas o configuraciones WECS, tanto en isla como conectados a la red, es decir trabajando como fuente de corriente y tensión (armando la red), de manera correlacionar y comparar con el desempeño de una turbina real.
- 2) Modelado y simulación del sistema de control que contemple tanto el comportamiento estático como dinámico de una turbina eólica real, en vistas de poder emular luego con un banco de ensayos.

Unidades de análisis:

- 1) Del modelado y simulación de los diferentes WECS propuestos
- 2) Del modelado y simulación del comportamiento estático y dinámico de una turbina eólica de baja potencia.

Variables e indicadores:

- 1) Torques
- 2) Velocidades de giro
- 3) Transitorios mecánicos y eléctricos
- 2) Tensión, corriente y potencias
- 3) Recurso eólico

OBJETIVO ESPECIFICO "B"

Enfoque diseño / metodológico:

- 1) Estudio de la bibliografía obtenida.
- 2) Desarrollo de placas electrónicas de conversión de energía eléctrica, la idea en configuración "step-up" y "back to back", con control orientado a formar red y/o entregar potencia (fuente de corriente). Mismo es intención utilizar en esta etapa, con el fin de comparar desempeños, algunos del tipo comercial.
- 2) Planteo y desarrollo del banco de emulación (WTS) a través de un esquema de máquina de inducción (MI), controlador de velocidad por consigna de torque (driver), encoder incremental de realimentación de velocidad de giro, PMSG, carga eléctrica (banco de resistencias y sistema de conversión on-grid), e interface electrónica y su programación (hombre-máquina) que establezca las condiciones a emular según datos aerodinámicos (BEM) obtenidos de turbina eólica real.
- 3) Evaluación de resultados respecto al que se obtiene como dato de un aerogenerador real.

Métodos, técnicas e instrumentos:

- 1) Configuración del controlador de MI, además de sus entradas y salidas, en función del intercambio de datos con placa de interface electrónica, con la idea de imponer a través de esta las consignas de torque, según realimentación de la velocidad de giro, en correspondencia a las aerodinámicas de una turbina real.
- 2) Desarrollo de interface electrónica de control, con lectura de datos y establecimiento de las consignas a imponer sobre el controlador de la MI.
- 3) Programación de microcontrolador en función de punto anterior.
- 4) Desarrollo y programación de una interface de usuario que permita el control de la simulación a través de un computador personal.
- 5) Construcción, además de utilizar opciones comerciales, de prototipos experimentales de conversión (WECS) como "cargas" del WTS, y programación según técnicas orientadas a objetos de su software de control.

Unidades de análisis:

1) Comportamiento preliminar de los prototipos experimentales de conversión (WECS) a ser utilizados como carga, empleando para ello equivalentes eléctricos de corriente continua lado generación. Análisis del comportamiento dinámico (transitorios), y estabilidad relativa, respecto del sincronismo con la red eléctrica. Evaluación del comportamiento ante fallos, trabajo en isla (seguridad eléctrica), y calidad energética en función a lo establecido por las normativas o regulaciones vigentes.

- 1) Respuestas obtenidas del banco de emulación según las diferentes velocidades de viento y cargas (WECS) utilizadas.
- 2) Comparativa de resultados con los de una turbina real a emular.

Variables e indicadores:

1) Niveles de las sobretensiones y corrientes en los transitorios de sincronización con la red eléctrica y tiempos de establecimientos para llegar a las condiciones estacionarias (WECS). Índices lado red de valores de distorsión de corriente, componente de DC y potencia.

- 1) Curvas Torque-rpm paramétrica velocidad del viento.
- 2) Torque aerodinámico y electromagnético en función del tiempo y su correlación con la variación de la velocidad del viento.
- 3) Velocidad de giro en función del tiempo y su correlación con la velocidad del viento, tiempos de establecimiento.
- 4) Ídem a punto 1) pero utilizando el banco de emulación (WTS).

OBJETIVO ESPECIFICO "C"**Enfoque diseño / metodológico:**

- 1) Estudio de la bibliografía obtenida.
- 2) Instalación en el Laboratorio de Evaluación de Aerogeneradores (INTI-Neuquén, Polo Tecnológico Cutralco), aquel similar de sistema utilizado para ser emulado con el banco de WTS.
- 3) Análisis de desempeño según los diferentes escenarios previamente emulados.
- 4) comparación entre ambos resultados y planteo de opciones de mejora.

Métodos, técnicas e instrumentos:

- 1) Medición de variables eléctricas, en conjunto con mecánicas y de la velocidad del viento, según el rango de trabajo especificado.
- 2) Utilización en campo de cargas (WECS) y sistema de control similar a la condición de emulación en banco WTS.

Unidades de análisis:

- 1) Resultados de mediciones de la potencia, tensión y corriente en función de la velocidad del viento "aguas abajo y arriba" del sistema WECS con vinculación a la red eléctrica de baja tensión.
- 2) Resultados de medición de las velocidades de giro en función de la velocidad del viento.
- 3) Resultados de la medición de potencias y torques en función de velocidad de giro, paramétricas velocidad del viento.

4) Levantamiento de curvas, según medidas, de desempeño del sistema.

Variables e indicadores:

- 1) Potencia, tensión y corriente, en correlación a la velocidad del viento.
- 3) Velocidad de giro.
- 2) Torque.
- 3) Coeficiente de potencia y torque en función de relación de velocidades de punta de pala.
- 3) Tiempos de establecimiento de variables mecánicas y eléctricas

Observaciones: Llegado a este punto se pueden sacar las conclusiones del caso, es decir si se ha cumplido con la hipótesis planteada de poder emular en laboratorio, con un banco de ensayos, el desempeño en su rango de trabajo de un aerogenerador real de baja potencia en conjunto con su sistema de conversión que aplique a generación distribuida.

12. Contribuciones del Proyecto

Contribuciones al avance científico, tecnológico, transferencia al medio

- 1) Los simuladores de turbinas eólicas son equipos de gran importancia al momento de desarrollar sistemas de conversión de energía eólica, se utilizarían en gran medida para establecer y especificar el comportamiento de las turbinas eólicas en un entorno controlado sin depender del momento de aparición y cumplimiento de la totalidad de las condiciones del recurso eólico previamente consideradas.
- 2) Permitirían ensayar, investigar y comparar en un tiempo razonable, el desempeño de rotores en conjunto con los posibles sistemas de conversión de energía (WECS), tanto comerciales como de desarrollos propios, y en diferentes condiciones de funcionamiento. En especial teniendo en cuenta las regulaciones actuales para generación distribuida y trabajando con otras fuentes de suministro de origen renovable e híbridas.
- 3) Por otro lado podrían mejorar significativamente la eficacia y la eficiencia en la investigación y el diseño en sistemas de conversión de energía eólica, máxime en baja potencia donde la mayoría de los emprendedores no cuentan con tan importante herramienta de análisis y evaluación, y por lo general el conocimiento técnico para poder usarlas convenientemente.
- 4) Por otra parte, ya que como el simulador se puede utilizar para aplicaciones de investigación y análisis que tienen que ver con impulsar un generador eléctrico de forma similar a como lo haría una turbina eólica, reproduciendo la velocidad de giro y el torque desarrollado con la dinámica que esta lo haría para una determinada velocidad de viento, hace que este tipo de sistemas una vez validados en el rango de trabajo especificado pueda ser una herramienta de gran valía para los fabricantes nacionales de aerogeneradores, por lo general PIMES, permitiendo en forma controlada, y a bajos costos respecto a los incurridos por lo general en campo, probar desempeños de posibles adopciones aerodinámicas, mecánicas y eléctricas. De manera que una vez obtenidas y ajustadas por este método, luego los futuros resultados de desempeño del prototipo a las pruebas o ensayos de campo se ajusten de mejor manera a los especificados y no requieran de "grandes" cambios, que por lo general, e incluso, pueden descartar el diseño planificado con las consiguientes consecuencias económicas negativas, las cuales con esta propuesta aumentarían la probabilidad de que no sucedan, y al contrario que sean positivas.

Contribuciones a la formación de Recursos Humanos

La energía eólica es hoy en día, en el concierto mundial, una de las disciplinas dentro de la generación de energía eléctrica con fuentes renovables que mayor cantidad de mano de obra está requiriendo. Aunque es de hacer notar, dicho recurso humano deberá estar entrenado y calificado para la realización de la amplia cantidad de tareas que esta reúne. Por lo tanto es que trabajos de esta índole contribuyen fuertemente a tal necesidad de formación.

- 1) Se podría afirmar, con bastante seguridad, que casi todas las ingenierías aplican a este tipo de generación, como la Aeronáutica, Estructuras, Eléctrica y Electrónica, Ambiental, Industrial, Civil, Mecánica etc. y además todas aquellas ligadas al análisis del recurso eólico como la Matemática, Probabilidad y Estadística, Meteorología e Informática. Es de notar que este trabajo aplica a varias de las nombradas.
- 2) En la Argentina, como lo indican las bases de datos del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), sigue aumentando el número de industrias que de alguna u otra manera ingresan a la cadena de valor de esta temática energética y por consiguiente requerirán de personal capacitado y entrenado para llevarla adelante.
- 3) Se estima a nivel mundial llegar antes del 2025 a 1TW (1000GW) de potencia instalada de energía eólica. En la Argentina hace unos años ya comenzó a tomarse conciencia de su potencial a través de la llamada transición energética, aplicando tanto para alta como baja potencia. Aunque se arrancó fuertemente en alta potencia con valores instalados que a final del 2021 llegaban a más de 3GW, la eólica de baja potencia tiene a través de la sanción y reglamentación de la ley

de generación distribuida un futuro promisorio ya que el país cuenta con gran cantidad de regiones con excelente condición del recurso eólico, y una base de fabricantes que compite en cantidad instalada con los países más desarrollados en la tecnología. Es decir que en este campo energético, hay mucho más por hacer y contribuir a través del conocimiento y formación de más profesionales con estudios como los planteados en este trabajo.

- 4) Los objetivos indicados contribuirán al desarrollo conjunto de diferentes actores del área energética, en sus diferentes roles, como el del conocimiento científico por parte de la universidad, la mejor evaluación y diagnóstico del INTI para con la industria.
- 5) Permite la transferencia horizontal y vertical dentro de la carrera de ingeniería electrónica de la UTN FRN, donde sus diferentes cátedras del área de ciencias básicas, y del ciclo superior, (analógicas y digitales), se verán de una u otra forma vinculadas.
- 6) Contribuirá notablemente a la tarea del trabajo en equipo, tanto dentro como fuera de la universidad. Aspecto hoy fundamental para el éxito de cualquier proyecto, donde la universidad se debe erigir como actor principal e interactuar con el medio en pos de resolver problemas sociales.
- 7) Dará apoyo a la formación o mejora de los cursos referidos a las Energías Sustentables, Medidas Electrónicas, Electronica de Potencia, Máquinas eléctricas, Sistemas de control, Técnicas Digitales, Probabilidad Aplicada, contribuyendo en sus contenidos y a las capacidades que se buscan hoy en día del egresado en ingeniería respecto a sus incumbencias.
- 8) Además este simulador de laboratorio, se puede utilizar como herramienta educativa de entrenamiento, permitiendo enseñar los conceptos del comportamiento, funcionamiento y control, de un aerogenerador en diferentes condiciones de trabajo.

13. Cronograma de Actividades

Año	Actividad	Inicio	Duración	Fin
1	Revisión Bibliográfica	01/04/2023	3 meses	30/06/2023
1	Desarrollo de modelos de simulación (WECS), PMSG, con herramienta computacional y evaluación de resultados, en especial de aquellos con vinculación a la red eléctrica de baja tensión.	01/06/2023	5 meses	31/10/2023
1	Desarrollo de prototipos electrónicos (WECS) a ser utilizados en el banco emulador de turbina eólica, en principio de característica "step-up" y tipo "puente completo o full bridge" con generador PMSG, on-grid.	01/09/2023	5 meses	28/02/2024
1	Ensayo y evaluación de desempeño del prototipo experimental (WECS) lado red eléctrica.	01/02/2024	2 meses	31/03/2024
2	Modelado y simulación del sistema de control del WTS	01/04/2024	2 meses	31/05/2024
2	Diseño y planificación del armado de un nuevo banco de emulación de laboratorio.	01/05/2024	3 meses	31/07/2024
2	Armado del nuevo banco de emulación de turbina eólica	01/08/2024	3 meses	30/10/2024
2	Desarrollo de placa electrónica de interface y control del sistema (WTS)	01/10/2024	2 meses	30/11/2024
2	Programación de placa electrónica de punto anterior	01/12/2024	1 meses	31/12/2024
2	Parametrización y ajuste del banco WTS.	01/02/2025	2 meses	31/03/2025
3	Estudio e investigación del comportamiento del WTS con las diferentes posibilidades de prototipos experimentales (WECS) y comerciales, vinculados a la red eléctrica. Análisis preliminar de resultados respecto de aquellos que se obtendrían en campo.	01/04/2025	4 meses	31/07/2025
3	Validación de resultados a través de pruebas de campo en laboratorio INTI (Cutracó-NQN).	01/08/2025	5 meses	31/12/2025
3	Difusión de los resultados obtenidos (publicaciones/congresos), ajustes y ejecución de posibles mejoras, planteamiento de trabajos futuros.	01/11/2025	5 meses	31/03/2026

14. Conexión del grupo de Trabajo con otros grupos de investigación en los últimos cinco años

Grupo Vinc.	Apellido	Nombre	Cargo	Institución	Ciudad	Objetivos	Descripción
Unidad de	Cruz			CEDER-CIEMAT,	Madrid	A través del PROYECTO CYTED (Programa Iberoamericano de ciencia y tecnología para el desarrollo, Convocatoria 2017), Propuesta Aprobada con Código N° P717RT0240. Donde uno de los	Intercambio de conocimiento con investigadores internacionales de Iberoamérica con el fin de explorar perspectivas y

Unidad de Energía Eólica	Cruz Cruz	Ignacio	DIRECTOR	Centro de Investigaciones Energéticas	Mendoza, España	objetivos es "Conocer el impacto de la generación eólica distribuida en las redes eléctricas urbanas", y la UTN FRN tomo el compromiso dentro de la red de conducir las actividades de este objetivo.	puntos de vista sobre la explotación de la energía eólica de pequeña potencia en aplicaciones de generación distribuida.
Laboratorio de evaluación de aerogeneradores, polo tecnológico Cutralcó.	Zappa	Andres	INVESTIGADOR DE APOYO	Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI)	Cutralco-Neuquén	A partir de las capacidades en electrónica e investigación de la UTN FRN en energía eólica, y la del INTI en infraestructura y propias en protocolos de mediciones que posee en el laboratorio de energía Eólica de baja potencia en la ciudad de Cutral Co, es que se firma, en noviembre 2019 entre ambas instituciones, un convenio específico sobre capacitación e intercambio de	La UTN-FRN en elaborar un programa de capacitación para técnicos de INTI, a través del recurso humano que posee en su estaf de Docentes entre los que posee Ingenieros, Magister, Investigadores, asi como también con la colaboración de egresados y alumnos de UTN FRN. Dicho programa será elaborado en la propia sede de la Facultad Regional Neuquén, sito en Pedro Rotter S/N en la ciudad de Plaza Huincol, provincia de Neuquén. El INTI por su parte destinar personal necesario para efectivizar la puesta en práctica de dicho programa y capacitación. Dentro de dichas actividades se realizarán mediciones en el Laboratorio de Energía Eólica de INTI en la ciudad de Cutral Co, datos estos que será posteriormente informados a UTN FRN, ya que los mismos resultan necesarios para efectuar los ajustes debidos en el programa de capacitación mismo, asi como también, serán de utilidad para la validación de protocolos de medición y modelos

						saberes con fines colaborativos, de manera aprovechar fortalezas conjuntas en actividades investigativas y de transferencia al medio.	matemáticos de simulación. Por otra parte, a partir de dicho convenio la UTN FRN a incorporado a ingenieros investigadores del INTI en el PID ENUTNDN0006559 de título, "Propuesta y optimización para la medición y evaluación de la energía eólica de baja potencia inyectada en la red eléctrica de baja tensión" actualmente en curso. Por último, ambas instituciones participan, en forma conjunta, en el programa internacional SWTOMP (Small Wind Turbines Optimization and Market Promotion) a través del cual se publicó en marzo 2022, en la revista internacional "energies-MDPI" el trabajo de título "An Update on the Electronic Connection Issues of Low Power SWTs in AC-Coupled Systems: A Review and Case Study".
Laboratorio de Aerodinámica y Fluidos de la UTN FRH	Bracco	Ramiro	INVESTIGADOR FORMADO	UTN-FRH	Haedo, Bs. As.	Dentro del proyecto Tutorado TUN4290, evaluar desempeño energético de prototipos aerogeneradores de baja potencia en túnel de viento.	La idea del intercambio es evaluar la electrónica de conversión desarrollada en el laboratorio de electrónica de la UTN FRN para con los aerogeneradores de baja potencia (PMSG).
GESE FRH	de Villaflor	Alejandro Blas	DIRECTOR	UTN-FRH	Haedo, Bs. As.	Proyectos UTI4726TC de título "Estudio de Control de Potencia por Paso de Pala para Generador Eólico de Baja Potencia" y el ENUTNHA0006622 de título "Estudio de mejora en la producción energética y vida útil de generadores	En el proyecto UTI4726TC en lo que respecta al modelado y simulación, del comportamiento de paso de pala del rotor de aerogenerador propuesto. En el ENUTNHA0006622, de asesoramiento en la medición según normativas IEC de curva de

						eólicos de baja potencia"	potencia en "pequeños" aerogeneradores.
Área Energías Alternativas	Oliva Beltrán	Rafael	INVESTIGADOR FORMADO	Universidad Nacional de la Patagonia Austral	Caleta Olivia, Río Gallegos, Santa Cruz	En el proyecto PID, ENUTNDN0006559 de título, "Propuesta y optimización para la medición y evaluación de la energía eólica de baja potencia inyectada en la red eléctrica de baja tensión" actualmente en curso	Información y asesoramiento sobre los protocolos de comunicación del sistema de obtención de datos meteorológicos en el laboratorio INTI-Cutralcú, de manera poder ser aplicados en la placa electrónica desarrollada por la UTN-FRN para evaluar la calidad de energía inyectada por los aerogeneradores de baja potencia en la red eléctrica de baja tensión.

15. Presupuesto

Total Estimado del Proyecto: \$ 2693237,00

15.1. Recursos Humanos - Inciso 1 e Inciso 5

Primer Año

Becarios Inciso 5	Cantidad	Pesos	Origen del financiamiento	
1. Becario Alumno Fac.Reg.	2	\$ 144000,00	Facultad Regional	Facultad Regional
2. Becario Alumno UTN-SAE	0	\$ 0,00	-	-
3. Becario Alumno UTN-SCyT	0	\$ 0,00	-	-
4. Becario BINID	0	\$ 0,00	-	-
5. Becario Posgrado-Doctoral en el país	0	\$ 0,00	-	-
6. Becario Posgrado Doctoral en el extranjero	0	\$ 0,00	-	-
7. Becario Posgrado - Especialización	0	\$ 0,00	-	-
8. Becario Posgrado - Maestría en el país	0	\$ 0,00	-	-
9. Becario Posgrado - Maestría en el extranjero	0	\$ 0,00	-	-

Docentes Investigadores y Otros - Inciso 1	Cantidad	Pesos
1.Administrativo	0	\$ 0,00
2.CoDirector	1	\$ 67500,00
3.Director	1	\$ 112500,00
4.Investigador de apoyo	4	\$ 75000,00
5.Investigador Formado	3	\$ 280000,00
6.Investigador Tesista	0	\$ 0,00
7.Otras	0	\$ 0,00
8.Técnico de Apoyo	0	\$ 0,00

Totales	Inciso 5	Inciso 1	Total
Primer Año	\$ 144000,00	\$ 535000,00	\$ 679000,00

Segundo Año

Becarios Inciso 5	Cantidad	Pesos	Origen del financiamiento	
1. Becario Alumno Fac.Reg.	0	\$ 144000,00	-	-
2. Becario Alumno UTN-SAE	0	\$ 0,00	-	-
3. Becario Alumno UTN-SCyT	0	\$ 0,00	-	-
4. Becario BINID	0	\$ 0,00	-	-
5. Becario Posgrado-Doctoral en el país	0	\$ 0,00	-	-
6. Becario Posgrado Doctoral en el extranjero	0	\$ 0,00	-	-
7. Becario Posgrado - Especialización	0	\$ 0,00	-	-

8. Becario Posgrado - Maestría en el país	0	\$ 0,00	-	-
9. Becario Posgrado - Maestría en el extranjero	0	\$ 0,00	-	-

Docentes Investigadores y Otros - Inciso 1	Cantidad	Pesos
1. Administrativo	0	\$ 0,00
2. CoDirector	0	\$ 67500,00
3. Director	0	\$ 112500,00
4. Investigador de apoyo	0	\$ 75000,00
5. Investigador Formado	0	\$ 280000,00
6. Investigador Tesista	0	\$ 0,00
7. Otras	0	\$ 0,00
8. Técnico de Apoyo	0	\$ 0,00

Totales	Inciso 5	Inciso 1	Total
Segundo Año	\$ 144000,00	\$ 535000,00	\$ 679000,00

Tercer Año

Becarios Inciso 5	Cantidad	Pesos	Origen del financiamiento	
1. Becario Alumno Fac.Reg.	0	\$ 144000,00	-	-
2. Becario Alumno UTN-SAE	0	\$ 0,00	-	-
3. Becario Alumno UTN-SCyT	0	\$ 0,00	-	-
4. Becario BINID	0	\$ 0,00	-	-
5. Becario Posgrado-Doctoral en el país	0	\$ 0,00	-	-
6. Becario Posgrado Doctoral en el extranjero	0	\$ 0,00	-	-
7. Becario Posgrado - Especialización	0	\$ 0,00	-	-
8. Becario Posgrado - Maestría en el país	0	\$ 0,00	-	-
9. Becario Posgrado - Maestría en el extranjero	0	\$ 0,00	-	-

Docentes Investigadores y Otros - Inciso 1	Cantidad	Pesos
1. Administrativo	0	\$ 0,00
2. CoDirector	0	\$ 67500,00
3. Director	0	\$ 112500,00
4. Investigador de apoyo	0	\$ 75000,00
5. Investigador Formado	0	\$ 280000,00
6. Investigador Tesista	0	\$ 0,00
7. Otras	0	\$ 0,00
8. Técnico de Apoyo	0	\$ 0,00

Totales	Inciso 5	Inciso 1	Total
Tercer Año	\$ 144000,00	\$ 535000,00	\$ 679000,00

TOTAL GENERAL	Inciso 5	Inciso 1	Total General
Todo el Proyecto	\$ 432000,00	\$ 1605000,00	\$ 2037000,00

15.2 Bienes de consumo - Inciso 2

Año del Proyecto	Financiación Anual	Solicitado a
1	\$ 25.000,00	Facultad Regional
2	\$ 25.000,00	Facultad Regional
3	\$ 25.000,00	Facultad Regional

Total en Bienes de Consumo	\$ 75.000,00
----------------------------	--------------

15.3 Servicios no personales - Inciso 3

Año	Descripción	Monto	Solicitado a
1	Actividad primer año	\$ 15.000,00	UTN - SCTyP
1	Congresos y seminarios	\$ 22.079,00	UTN - SCTyP
2	Componentes de electrónica y elaboración de plaquetas para prototipos experimentales	\$ 30.000,00	UTN - SCTyP
2	Congresos y seminarios	\$	UTN -

2	Congresos y seminarios	22.079,00	SCTyP
3	Mecanizados, insumos eléctricos y elaboración de plaquetas para prototipos experimentales	\$ 30.000,00	UTN - SCTyP
3	Congresos y seminarios	\$ 22.079,00	UTN - SCTyP
Total en Servicios no personales		\$ 141.237,00	

15.4 Equipos - Inciso 4.3 - Disponible y/o necesario

Año	Disp/Nec	Origen	Descripción	Modelo	Otras Espec.	Cantidad	Monto Unitario	Solicitado a
1	Disponible	Laboratorio de electrónica de la UTN FRN	Medidor de calidad de energía	FLUKE 434	Medidor, registrados y evaluador de variables eléctricas	1,00	\$ 0,00	Facultad Regional
1	Disponible	Laboratorio de electrónica de la UTN FRN	Osciloscopio Rigol	DS1102D	Instrumento digital de 4 canales	2,00	\$ 0,00	Facultad Regional
1	Disponible	Grupo GESE FRN	Computadora portable	HP ProBook	Portable Core I5	1,00	\$ 0,00	Facultad Regional
1	Necesario	Laboratorio de electrónica de la UTN FRN	Unidad de Soldado y desoldado	Hakko 850	Estacion Doble Desoldado Soldado Aire Caliente Smd 850 Htec	1,00	\$ 20.000,00	UTN - SCTyP
2	Disponible	Laboratorio de electrónica de la UTN	Medidor de calidad de energía	FLUKE 434	Medidor, registrados y evaluador de variables eléctricas	1,00	\$ 0,00	Facultad Regional
2	Disponible	Laboratorio de electrónica de la UTN	Osciloscopio Rigol	DS1102D	Instrumento digital de 4 canales	2,00	\$ 0,00	Facultad Regional
2	Disponible	Grupo GESE FRN	Computadora portable	HP ProBook	Portable Core I5	1,00	\$ 0,00	Facultad Regional
2	Necesario	Laboratorio de electrónica de la UTN FRN	Punta de corriente	PA-655	Para osciloscopio, escala hasta 5A y 50A, BW 500kHz	1,00	\$ 50.000,00	UTN - SCTyP
2	Disponible	UTN FRN	Generador PMSG	1kW - 48VAC	450rpm, 6 pares de polos	1,00	\$ 0,00	Facultad Regional
2	Disponible	Fundación Siemens (Donado a UTN FRN)	Control de velocidad de máquina de inducción	Sinamics (Siemens) 5,5 kW Series G120 - PM240-2	CU250S-2 PN ; IOP-2	1,00	\$ 0,00	Facultad Regional
2	Disponible	Fundación Siemens (Donado a UTN FRN)	Encoder incremental	1XP8001-1 Siemens HTL Bipolar 1024 PPR	-	1,00	\$ 0,00	Facultad Regional
2	Disponible	UTN FRN	Máquina de Inducción	WEG 1.5kW	1500 rpm, 2 pares de polos	1,00	\$ 0,00	Facultad Regional
2	Disponible	Fundación Siemens (Donado a UTN FRN)	Motor IP55, 4-polos, 1500 rpm, IMB3, FS=1.1, 4kW / 5.5CV, tamaño 112	Siemens 1LE0102-1BB23-3AA4	-	1,00	\$ 0,00	Facultad Regional
2	Necesario	China	Inversor Cargador Híbrido 24v A 220v 2000w On Grid C/backup	-	-	1,00	\$ 200.000,00	Facultad Regional
3	Disponible	Laboratorio de electrónica de la UTN FRN	Medidor de calidad de energía	FLUKE 434	Medidor, registrados y evaluador de variables	1,00	\$ 0,00	Facultad Regional

					eléctricas			
3	Disponible	Laboratorio de electrónica de la UTN FRN	Osciloscopio Rigol	DS1102D	Instrumento digital de 4 canales	2,00	\$ 0,00	Facultad Regional
3	Disponible	Grupo GESE FRN	Computadora portable	HP ProBook	Portable Core I5	1,00	\$ 0,00	Facultad Regional
3	Disponible	Laboratorio de evaluación de aerogeneradores INTI (CutralCó)	Aerogeneradores de baja potencia	Eolocal G1000	1KW de Potencia	1,00	\$ 0,00	Organismos públicos nacionales (CONICET, Agencia, INTI, CONEA, etc.)
3	Necesario	Laboratorio de electrónica de la UTN FRN	Punta de corriente	PA-655	Para osciloscopio, escala hasta 5A y 50A, BW 500kHz	1,00	\$ 50.000,00	UTN - SCTyP
Total en Equipos					\$ 320.000,00			

15.5 Bibliografía de colección - Inciso 4.5 - Disponible y/o necesario

Año	Disp/Nec	Origen	Descripción	Modelo	Otras Espc.	Cantidad	Monto Unitario	Solicitado a
1	Necesario	Inglés	Normativa IEC-61400-2	Ed. 3.0 b:2013	-	1,00	\$ 50.000,00	Facultad Regional
2	Necesario	Inglés	IEC 61400-12-1	Ed. 2.0 b:2017	-	1,00	\$ 50.000,00	Facultad Regional
3	Necesario	AEA (Asociación Electrotécnica Argentina)	Normativa instalación sistemas de energía renovables distribuidos en baja tensión	90364 Partes 0 a 6 (#Conjunto AEA 90364-0, 1, 2 y 3-1)	-	1,00	\$ 20.000,00	Facultad Regional
Total en Bibliografía					\$ 120.000,00			

15.6 Software - Disponible y/o necesario

Año	Disp/Nec	Origen	Descripción	Modelo	Otras Espc.	Cantidad	Monto Unitario	Solicitado a
1	Disponible	UTN FRN	Modelado y Simulación	LTspice	-	1,00	\$ 0,00	Facultad Regional
1	Disponible	UTN	Homer	Pro	Modelado de sistemas híbridos de energía	1,00	\$ 0,00	Facultad Regional
2	Disponible	UTN FRN	Modelado y simulación	LTSpice	-	1,00	\$ 0,00	Facultad Regional
2	Disponible	UTN FRN	Programación micros	ARM	-	1,00	\$ 0,00	Facultad Regional
3	Disponible	UTN FRN	Programación micros	ARM	-	1,00	\$ 0,00	Facultad Regional
Total en Software						\$ 0,00		

16. Co-Financiamiento

Año	RR.HH.	Bienes de Consumo	Equipamiento	Servicios no personales	Bibliografía	Software	Total
1	\$679.000,00	\$25.000,00	\$20.000,00	\$37.079,00	\$50.000,00	\$0,00	\$811.079,00
2	\$679.000,00	\$25.000,00	\$250.000,00	\$52.079,00	\$50.000,00	\$0,00	\$1.056.079,00
3	\$679.000,00	\$25.000,00	\$50.000,00	\$52.079,00	\$20.000,00	\$0,00	\$826.079,00
Total del Proyecto	\$2.037.000,00	\$75.000,00	\$320.000,00	\$141.237,00	\$120.000,00	\$0,00	\$2.693.237,00

Financiamiento de la Universidad

Universidad Tecnológica Nacional - SCyT

\$ 261.237,00

Facultad Regional

\$ 2.432.000,00

Financiamiento de Terceros

Organismos públicos nacionales (CONICET, Agencia, INTI, CONEA, etc.)

\$ 0,00

Organismos / Empresas Internacionales / Extranjeros	\$ 0,00
Entidades privadas nacionales (Empresas, Fundaciones, etc.)	\$ 0,00
Otros	\$ 0,00
Total	\$ 2.693.237,00

Avales de aprobación, Financiamiento y Otros

	Orden	Nombre de archivo	Tamaño
Descargar	1	CVCat_2022_Ruben_Bufanio.pdf	531962
Descargar	2	curriculumAriel_Academico_2022.pdf	124545
Descargar	3	CurriculumdeContrerasGonzalo.pdf	405244
Descargar	4	CVRobainaTiago.pdf	335462
Descargar	5	CVScaroneCategorizacionUTN2021.pdf	606939
Descargar	6	CV_ORG_1_CV-ARGENTINO-COMPLETO_2012516081711.pdf	192596
Descargar	7	CVAmadioMariano.pdf	328885
Descargar	8	CV_AndresZappa_06_2021.pdf	148140
Descargar	9	CURRICULUMVITAECarlosWildCañon.pdf	218144
Descargar	10	CVDamianMarasco-2022.pdf	1170463
Descargar	11	CurriculumVitaePablo2022.pdf	167571
Descargar	12	434.pdf	755154
Descargar	13	Avalfirmado.pdf	404525
Descargar	14	CV-Zúñiga.pdf	164243
Descargar	15	NotaAvalINTI-PIDUTNFRN2022.pdf	234462
Descargar	16	AnexoIIIPID8572BUFANIOok.pdf	206987
Descargar	17	AnexoIV8572BUFANIOok.pdf	122603
Descargar	18	CurriculumVitaeSolangeSalazarv2.pdf	710836

Currículums (Currículums de los integrantes cargados en el sistema)