

“Fortaleciendo la red eléctrica en América Latina y el Caribe: Encuentro Regional sobre Pronósticos de Generación de Energía Eólica y Solar Fotovoltaica”

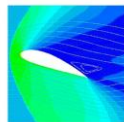
Experiencias de modelación en el centro de pronóstico de energías renovables variables en Bolivia

Marcelo Gorritty P.

Docente Investigador

Centro de Modelación y Simulación Numérica (CMSN)

Universidad Mayor de San Andrés - Bolivia



CENTRO DE MODELACION
Y SIMULACION NUMERICA

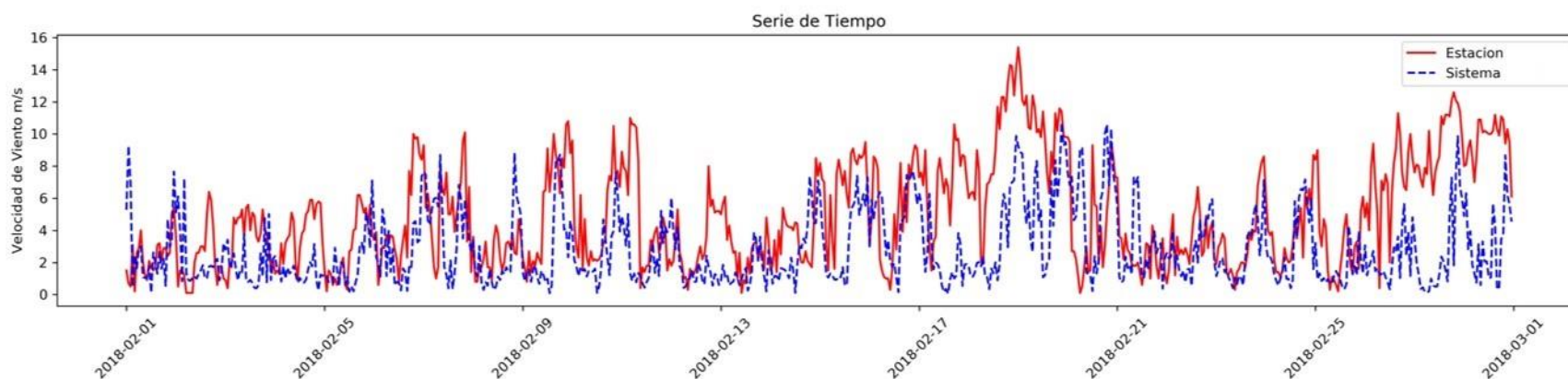


Experiencias de modelación en el centro de pronóstico de energías renovables variables en Bolivia



Las Energías Renovables Variables (ERV)

Son las fuentes de energía renovables que se caracterizan por su **naturaleza fluctuante** por lo que contiene componentes de **variabilidad** e **incertidumbre** como lo son la energía solar y la energía eólica.



Experiencias de modelación en el centro de pronóstico de energías renovables variables en Bolivia

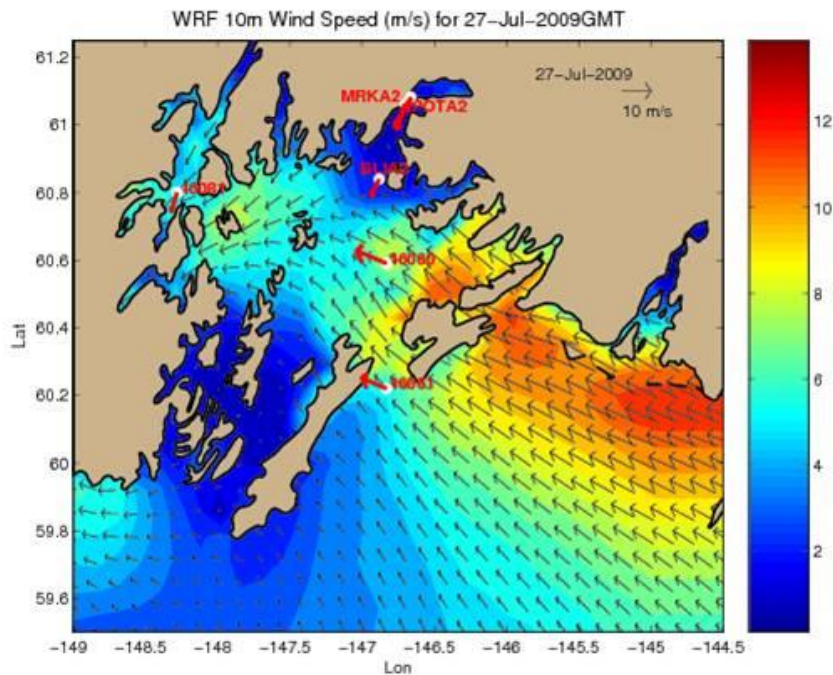


Métodos de pronóstico : determinístico

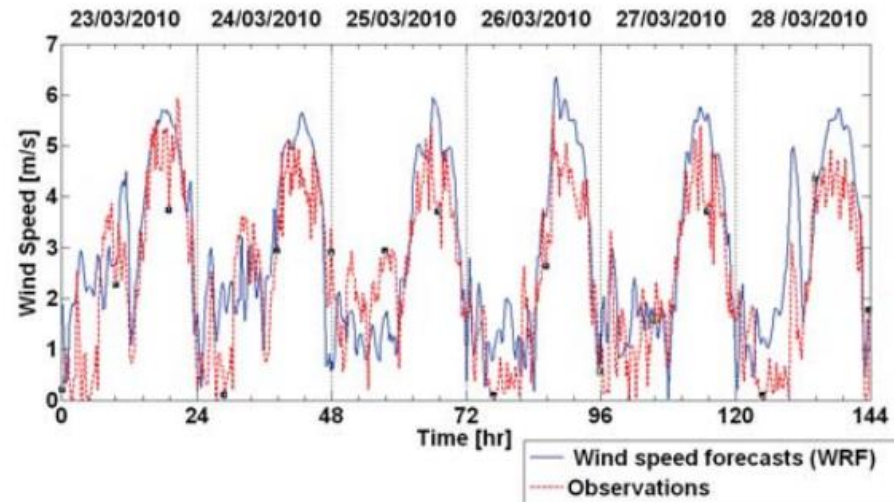
Método físico (determinístico)

- Pronóstico Numérico del Tiempo (PNT) en base a modelos numéricos del tiempo (MNT) con ecuaciones que describen los procesos de la dinámica y la termodinámica de la atmósfera terrestre.
- Los principales componentes de los MNT son:
 - Ecuaciones de balance de cantidad de movimiento, masa y energía: ecuaciones primitivas.
 - Aproximaciones numérica (métodos numéricos, resolución espacial y temporal, estabilidad).
 - Parametrizaciones.
 - Dominios : global, regional, local.
 - Condiciones iniciales y condiciones de borde: modelos globales.
- Estrategia: convertir las derivadas temporales y espaciales en ecuaciones algebraicas que las computadoras puedan resolver utilizando las operaciones aritméticas básicas y algunas auxiliares.
- En este sentido, se debe entender que las computadoras hacen aritmética y no cálculo. Este tipo de procesamiento se denomina aritmética de punto flotante y comúnmente se obtienen procesos de acumulación de error por redondeo.

Experiencias de modelación en el centro de pronóstico de energías renovables variables en Bolivia

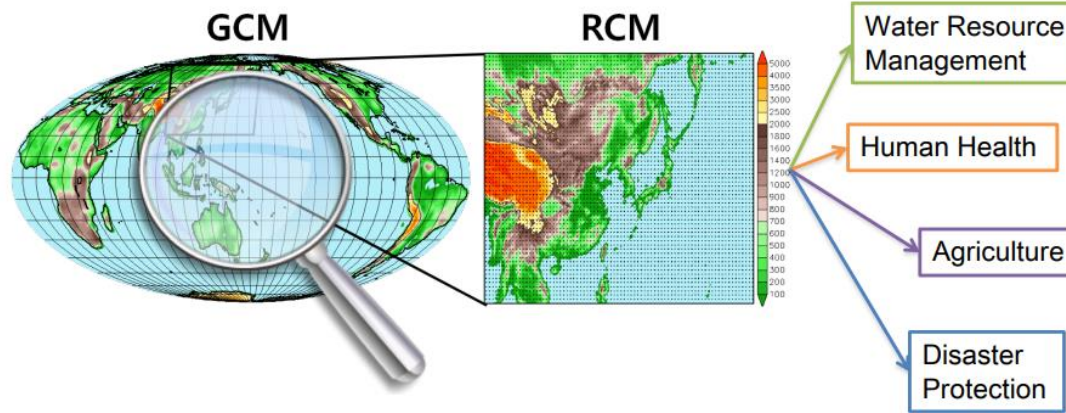


En base a: <https://aoos.org/>

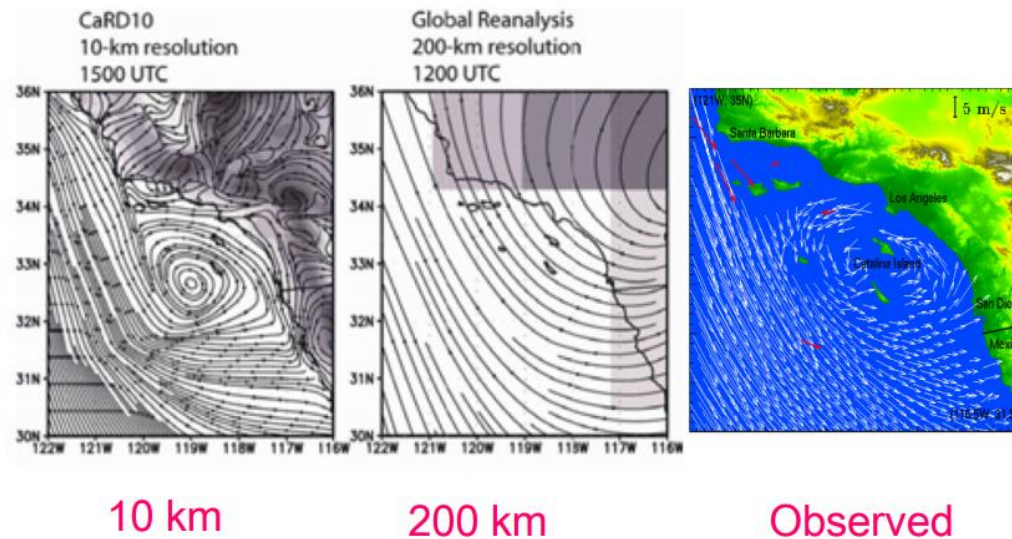


En base a: R. Palma-Behnke, et.al. 2011

Experiencias de modelación en el centro de pronóstico de energías renovables variables en Bolivia



El modelo
numérico del
tiempo
(MNT)



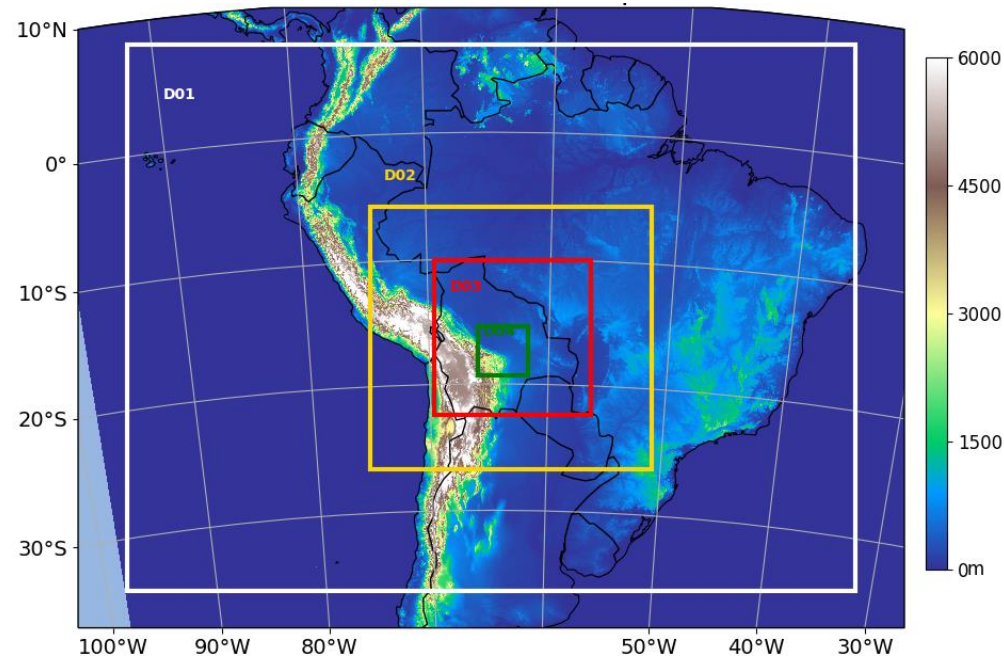
En base a: <https://www2.mmm.ucar.edu/wrf/users/tutorial> (S.-Y. Hong KIAPS/NCAR)

Experiencias de modelación en el centro de pronóstico de energías renovables variables en Bolivia

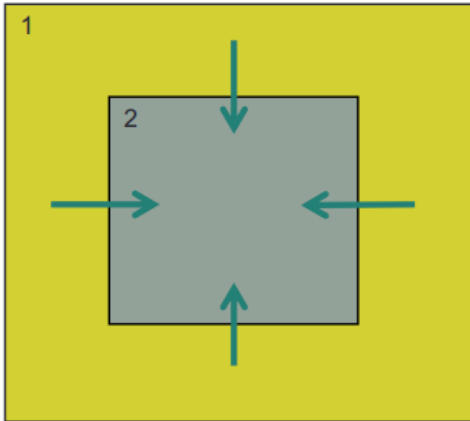


- Downscaling en el nombre general para el procedimiento de tomar información conocida a grandes escalas para realizar predicciones a escalas locales. Las dos principales aproximaciones son el downscaling dinámico y el estadístico.
- El downscaling dinámico requiere correr modelos de alta resolución en un sub dominio regional utilizando modelos globales como condiciones de borde bajo el esquema de anidamientos.

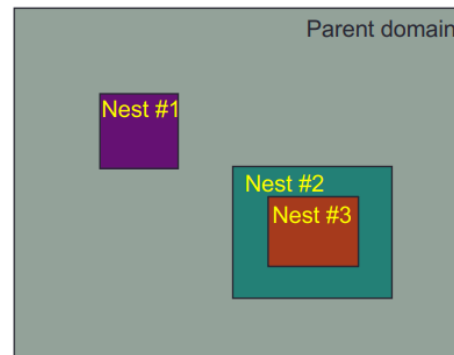
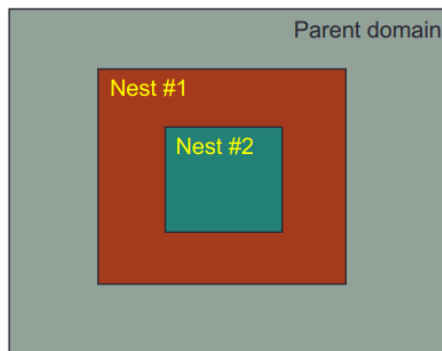
Downscaling dinámico



Experiencias de modelación en el centro de pronóstico de energías renovables variables en Bolivia

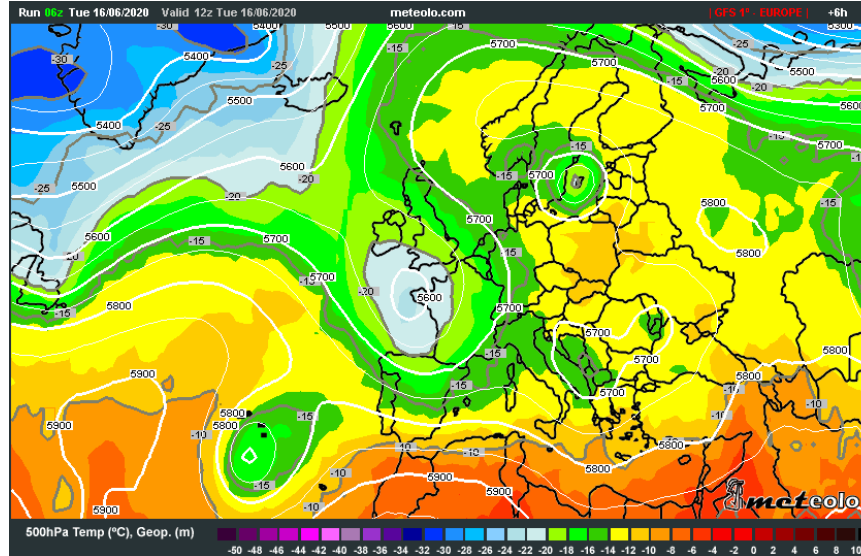
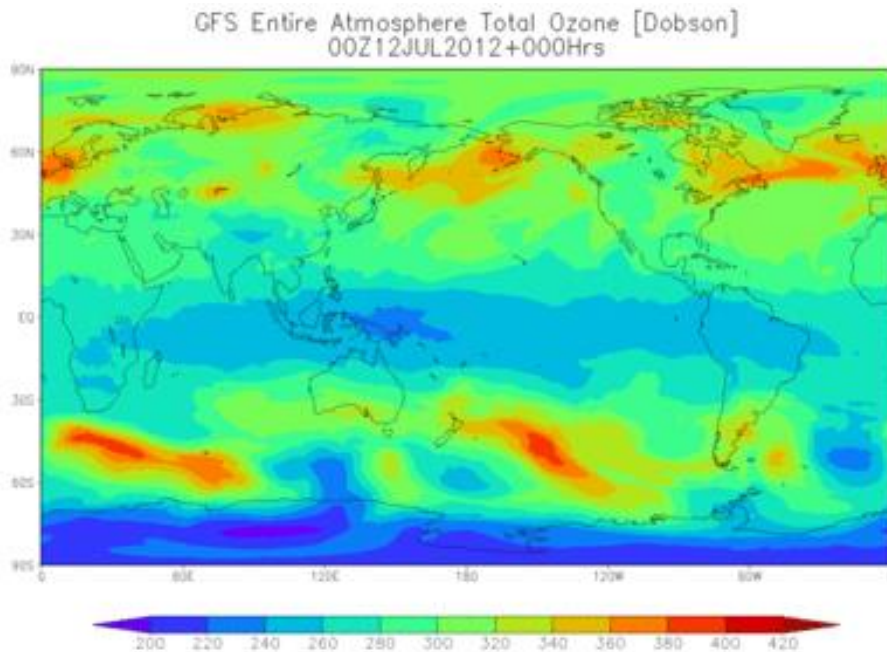


- Un nido es un dominio de resolución más fina dentro de un dominio de resolución más gruesa y se “corre” junto a este dominio.
- Sus límites laterales son proporcionados por el dominio “padre”.
- Puede existir retroalimentación hacia el dominio padre.
- Se requiere para simular fenómenos localizados: convección, topografía, uso de suelo, etc.



Experiencias de modelación en el centro de pronóstico de energías renovables variables en Bolivia

- GFS – Global Forecast System (NOAA). Cubre todo el planeta con resolución horizontal de 28 km pudiendo pronosticar hasta 16 días en adelante.
- El modelo se ejecuta cuatro veces al día : 0, 6, 12 y 18h UTC siendo la base de pronósticos regionales o locales operativos.
- El ECMWF (European Center for Medium-Range Weather Forecast) es otro sistema de modelación global. Se ejecuta cada 12h con alcance de 10 días en adelante.



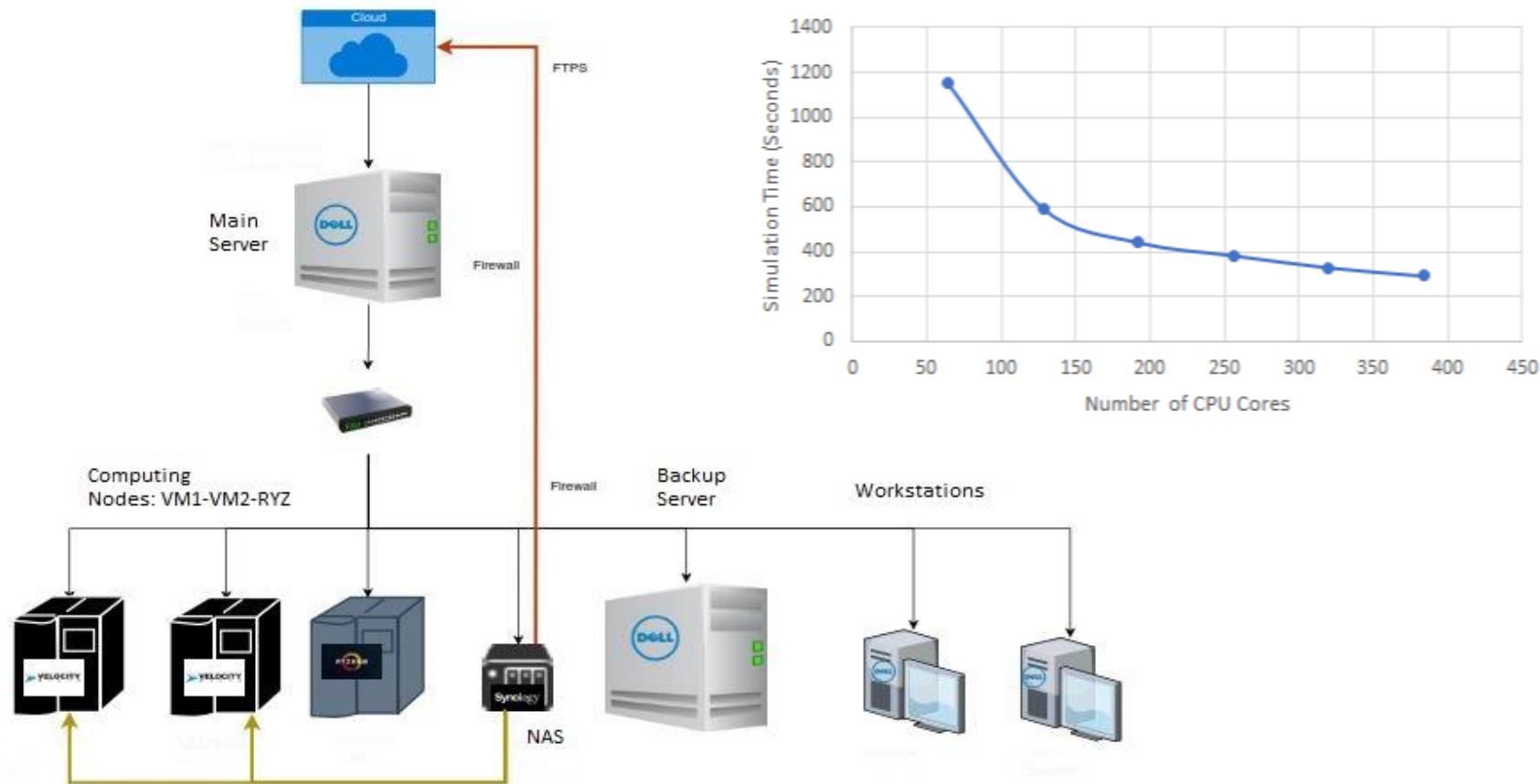
https://meteolo.com/europa/gfs/gfs-europa?request_locale=es

<https://www.ncdc.noaa.gov/data-access/model-data/model-datasets/global-forcast-system-gfs>

Experiencias de modelación en el centro de pronóstico de energías renovables variables en Bolivia



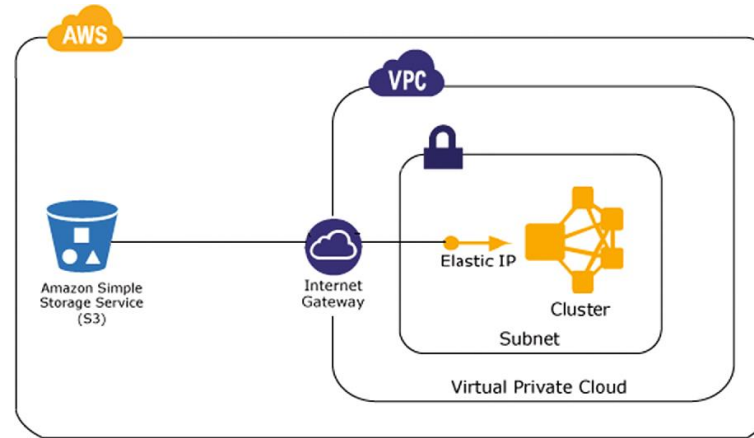
Sistema de cómputo básico



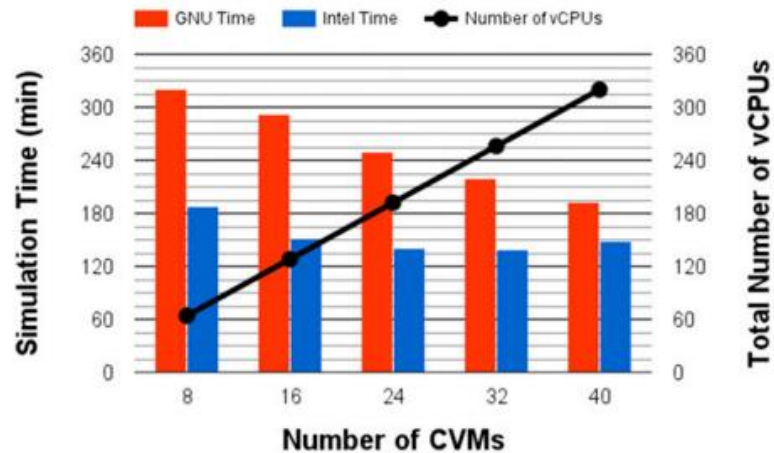
Experiencias de modelación en el centro de pronóstico de energías renovables variables en Bolivia



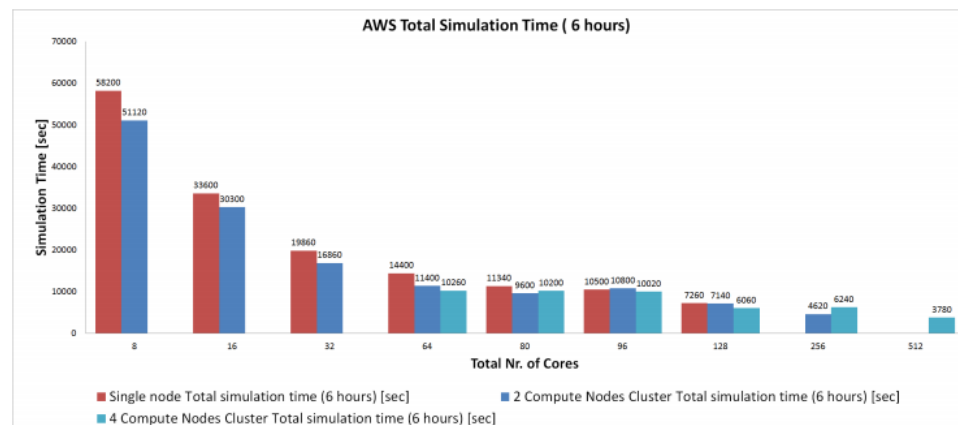
Procesamiento en la nube



<https://aws.amazon.com/es/government-education/research-and-technical-computing/>



Fuente: D. Siuta, et. al. (2016)



Fuente: K. Goga, A. Parodi, P. Ruii, O. Terzo (2018)

Experiencias de modelación en el centro de pronóstico de energías renovables variables en Bolivia



La generación de energía a partir del recurso eólico en Bolivia cuenta actualmente con 27 MW de potencia instalada. En el año 2020 se prevé el inicio de construcción de 3 plantas eólicas en Santa Cruz dando un salto de 108 MW y se alcanzará una potencia instalada de 135 MW.

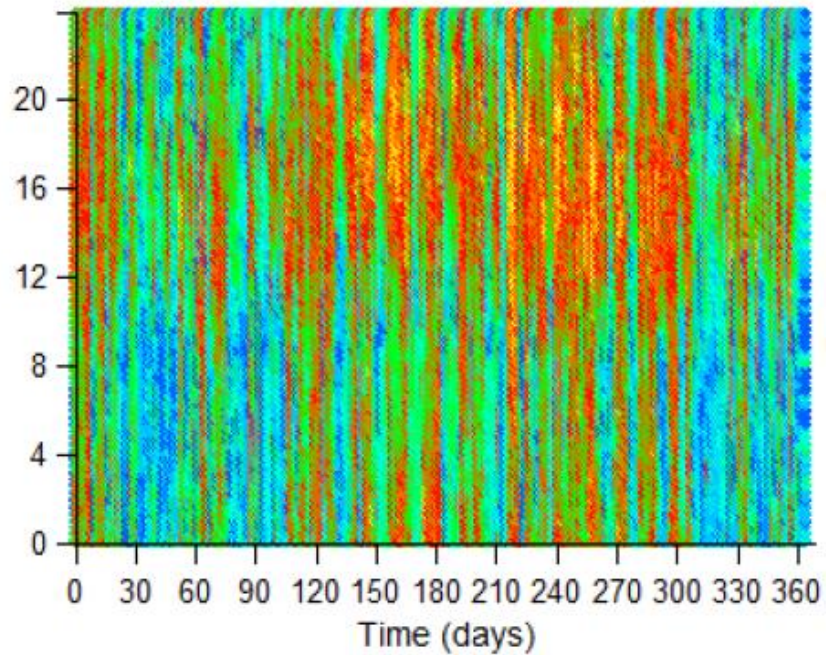
Parque eólico Qolpana-II, Cochabamba – Bolivia



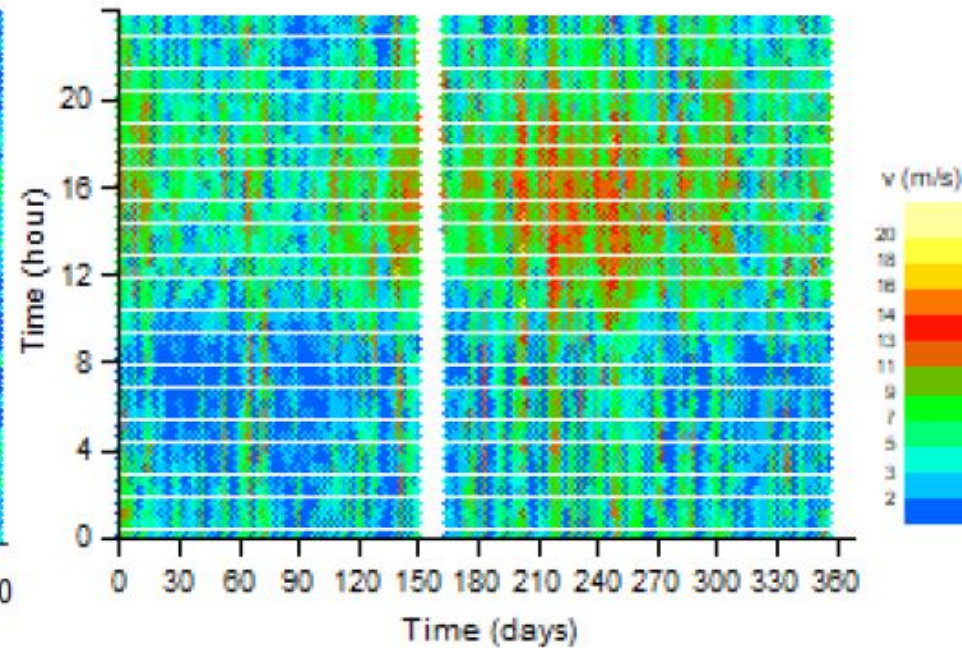
Experiencias de modelación en el centro de pronóstico de energías renovables variables en Bolivia



Qollpana I



Observados

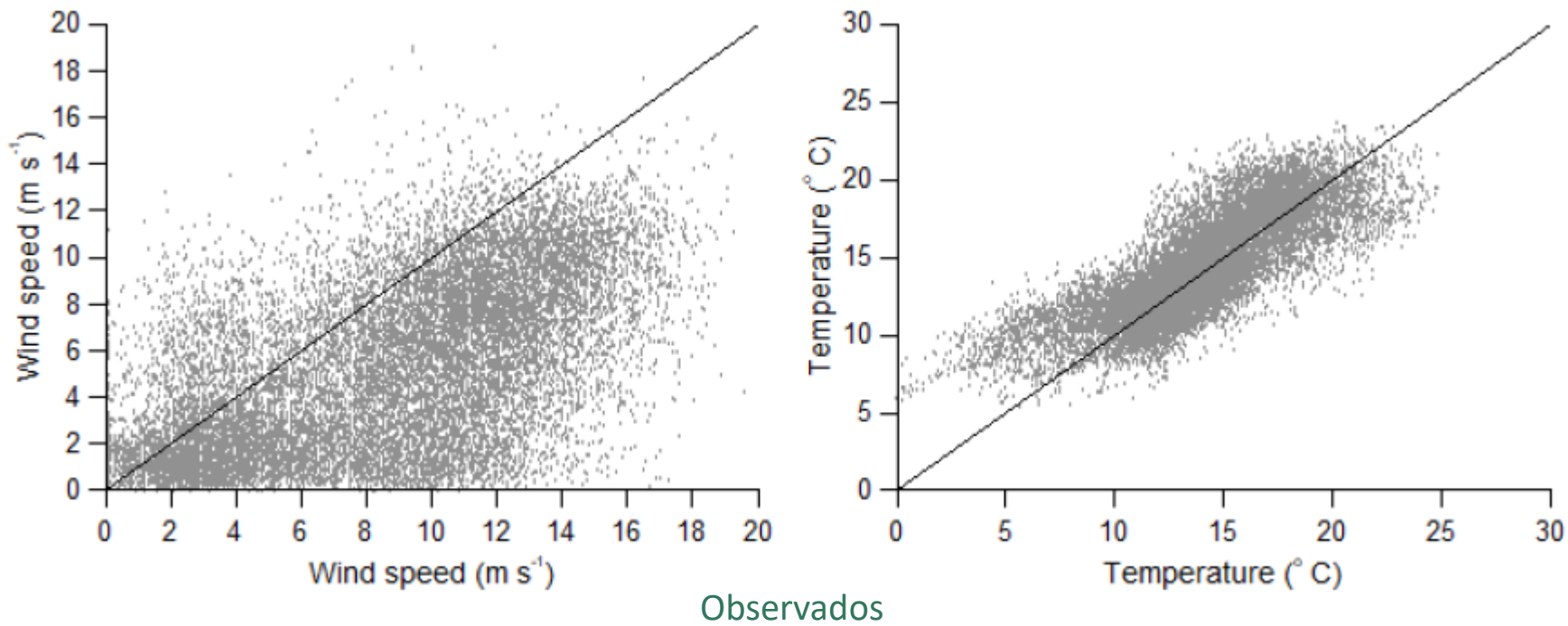


Simulados

Experiencias de modelación en el centro de pronóstico de energías renovables variables en Bolivia



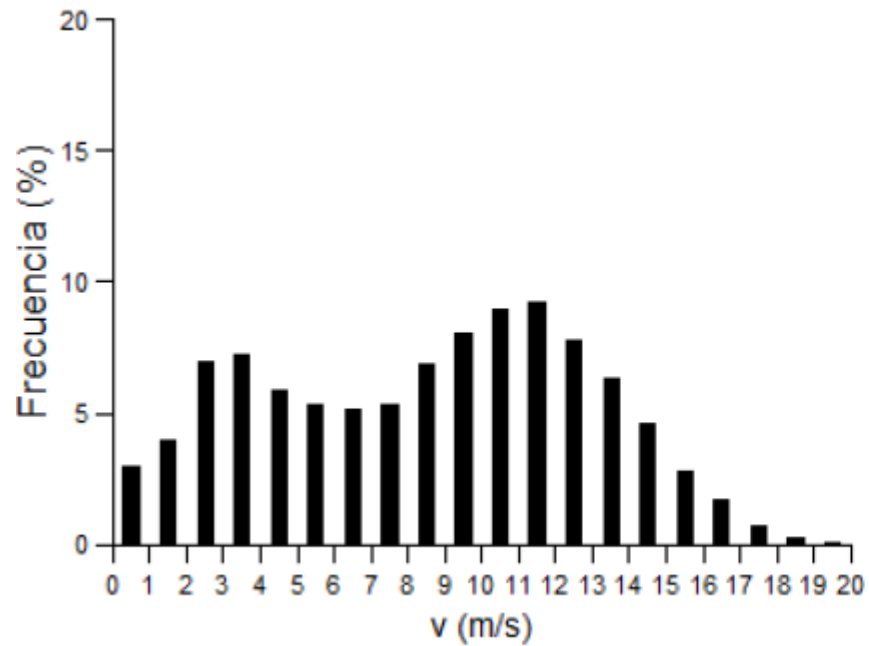
Qollpana I



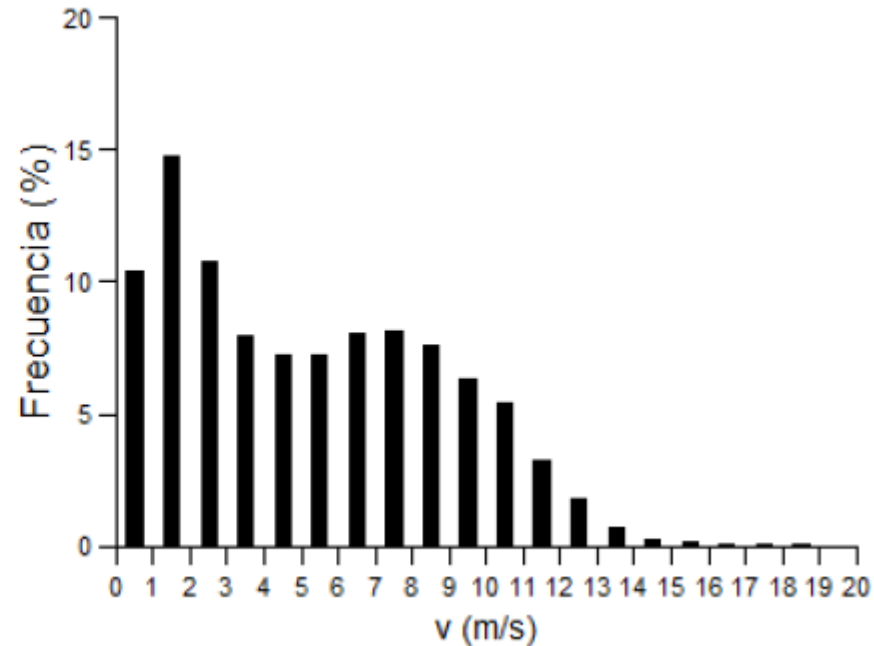
Experiencias de modelación en el centro de pronóstico de energías renovables variables en Bolivia



Qollpana I



Observados

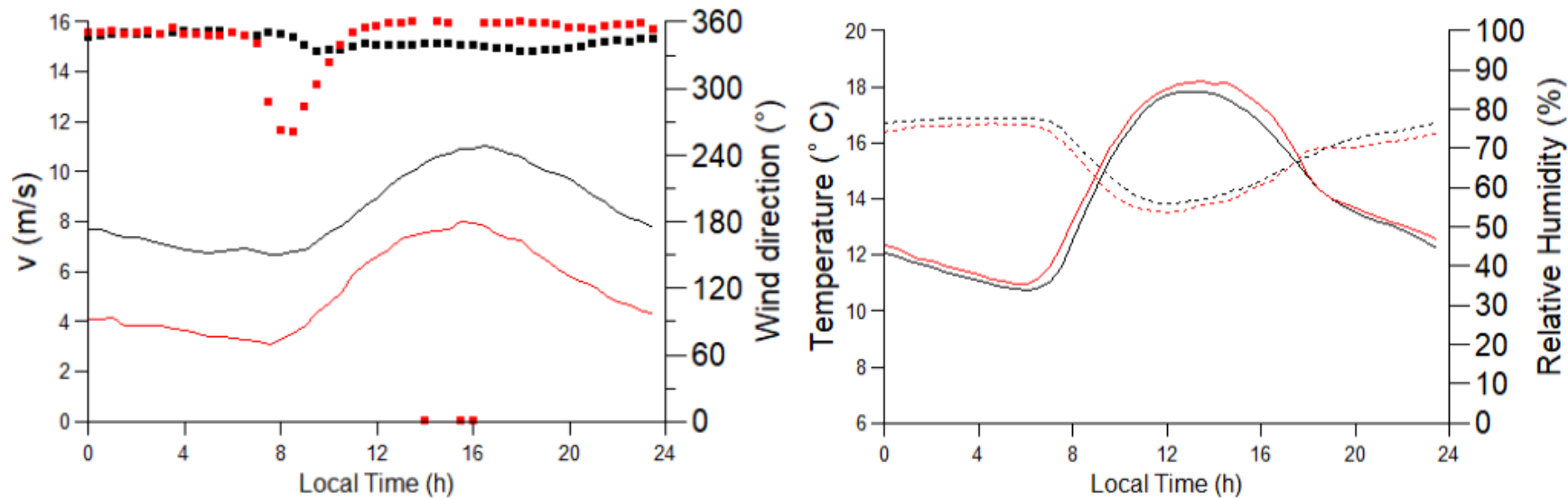


Simulados

Experiencias de modelación en el centro de pronóstico de energías renovables variables en Bolivia



Qollpana I



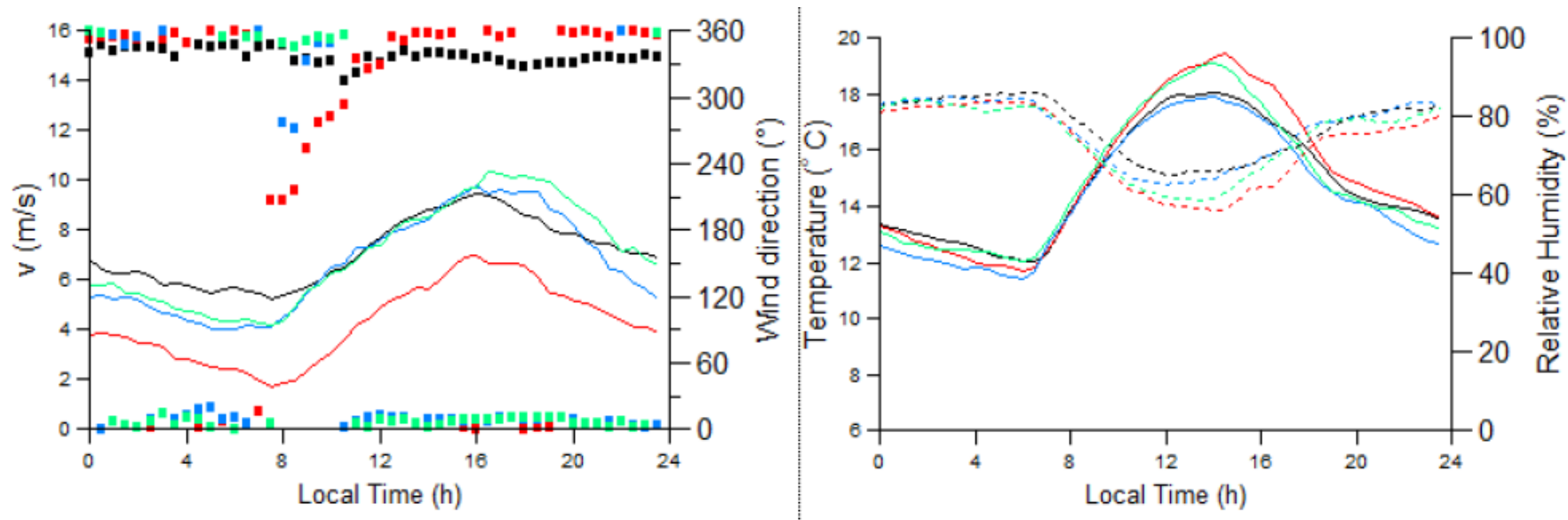
Negro: Observaciones. Rojo: WRF0. Periodo 2019

Fuente: S. Montecinos (2020)

Experiencias de modelación en el centro de pronóstico de energías renovables variables en Bolivia



Qollpana I - Mejoras



Negro: Observaciones. Rojo: WRF0; Azul: WRF1; Verde WRF2 – Periodo enero a marzo 2020

Experiencias de modelación en el centro de pronóstico de energías renovables variables en Bolivia

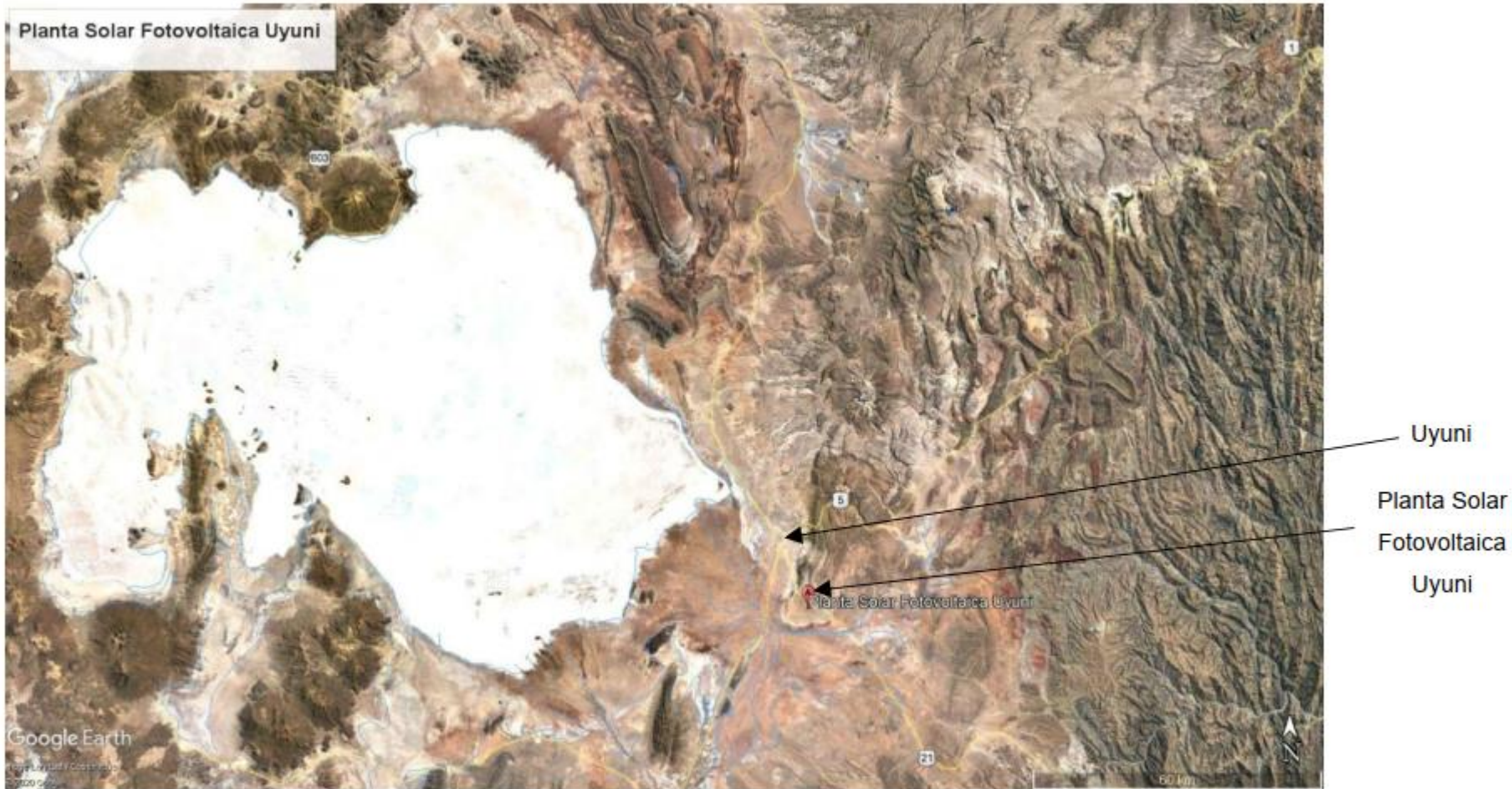


Figura 2. Localización Planta Solar Fotovoltaica Uyuni - Bolivia. Esc. 1:70Km.

Fuente: G. Trujillo (2020)

Experiencias de modelación en el centro de pronóstico de energías renovables variables en Bolivia



Figura 3. Localización Planta Solar Fotovoltaica Uyuni - Bolivia. Esc. 1:500m.

Fuente: G. Trujillo (2020)

Experiencias de modelación en el centro de pronóstico de energías renovables variables en Bolivia

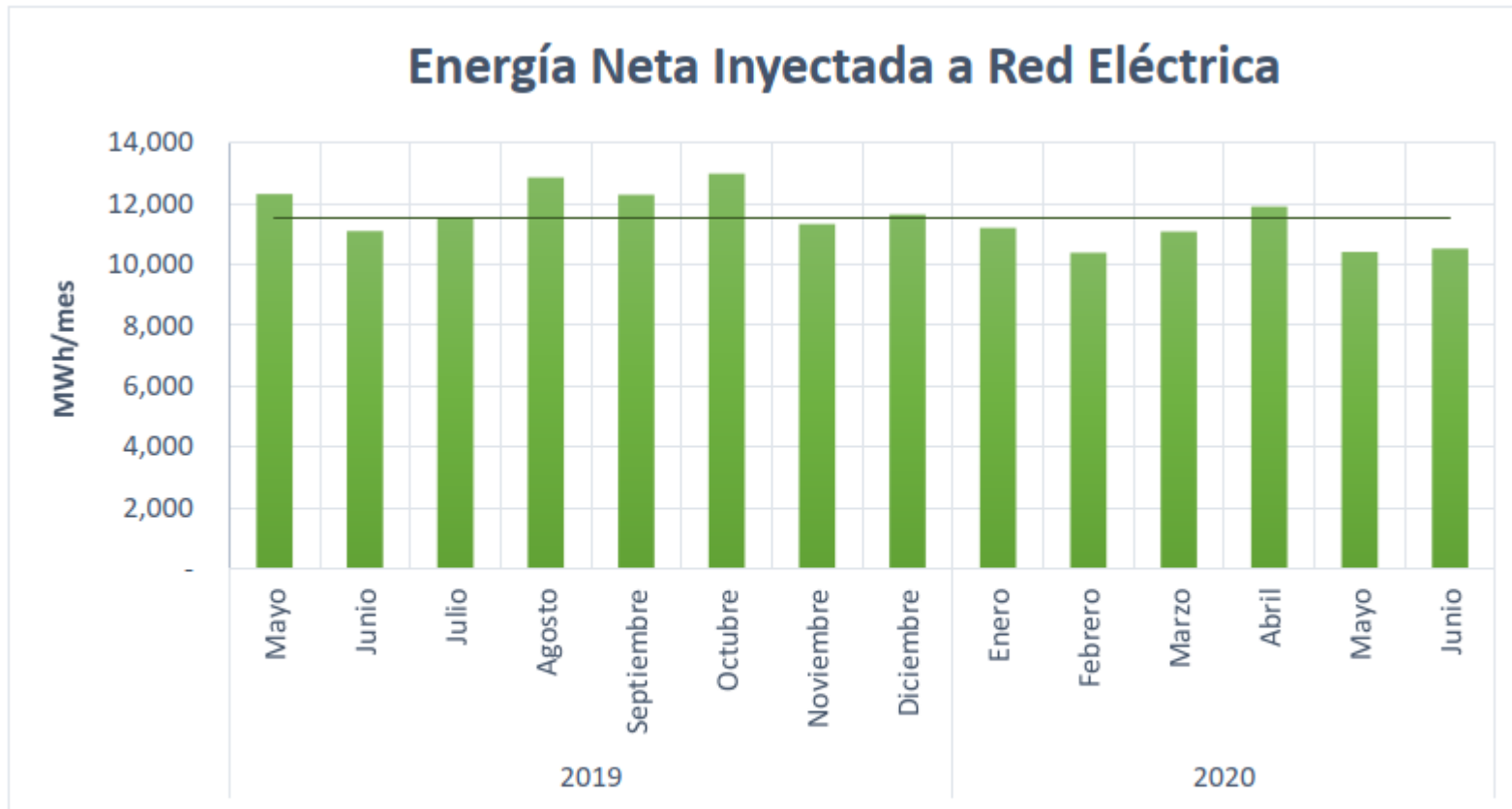


Gráfico 1. Datos de energía neta inyectada a red eléctrica 2019 - 2020 de la Planta Solar Fotovoltaica Uyuni. (ENDE Guaracachi, 2020).

Fuente: G. Trujillo (2020)

Experiencias de modelación en el centro de pronóstico de energías renovables variables en Bolivia

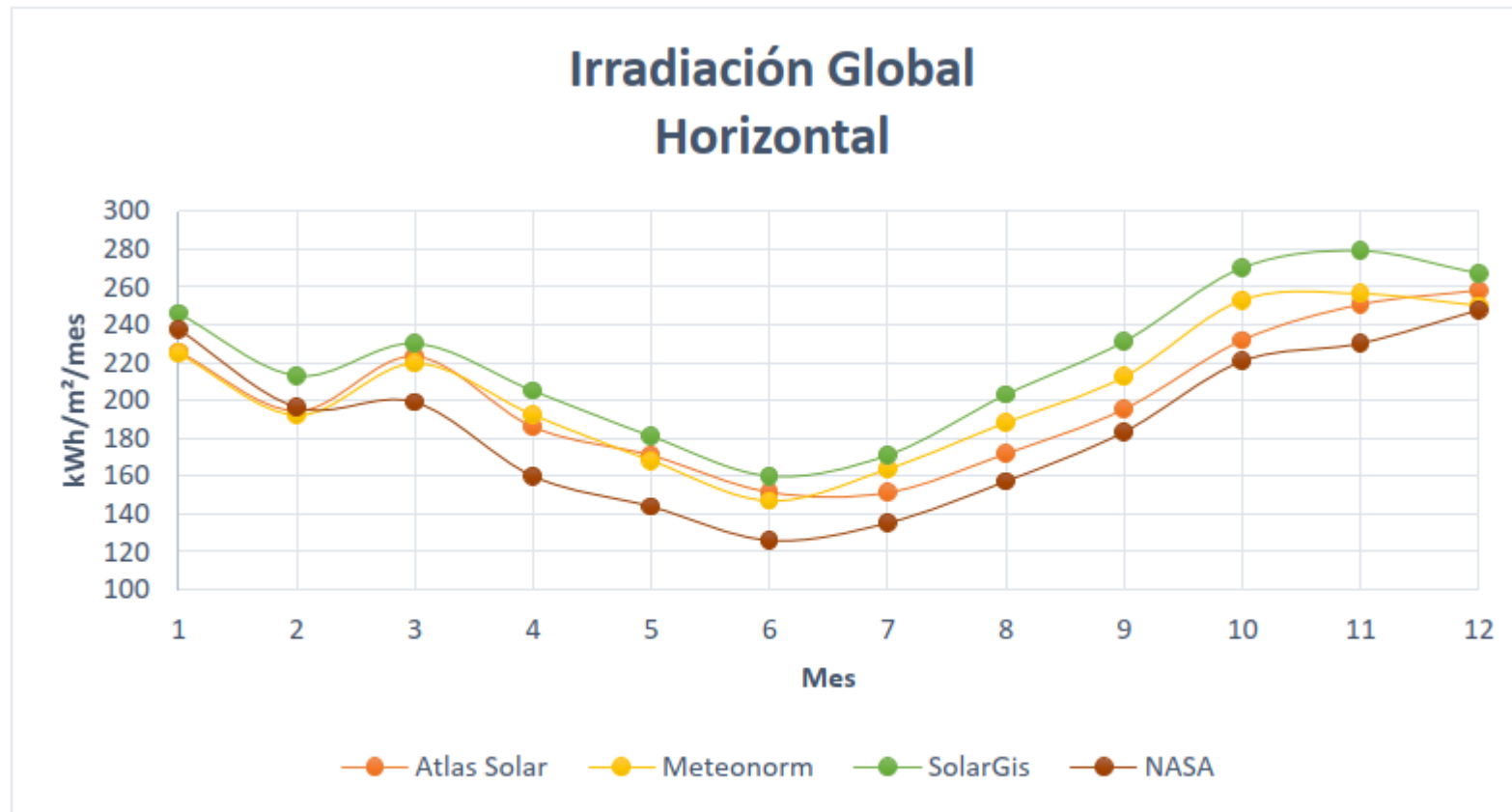


Gráfico 3. Comparación tendencia anual de bases de datos meteorológicas: Irradiación Global Horizontal.

Experiencias de modelación en el centro de pronóstico de energías renovables variables en Bolivia



UYUNI AÑO1
Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m²	DiffHor kWh/m²	T_Amb °C	GlobInc kWh/m²	GlobEff kWh/m²	EArray MWh	E_Grid MWh	PR proporción
Enero	224.7	75.90	8.40	206.6	193.9	11325	10968	0.842
Febrero	192.2	57.80	8.30	186.9	176.1	10200	9874	0.838
Marzo	219.5	62.50	8.10	232.7	220.2	12731	12122	0.826
Abril	192.2	49.70	7.20	224.4	212.4	12399	12009	0.849
Mayo	168.1	42.40	5.60	211.1	200.0	11945	11568	0.869
Junio	146.9	43.90	3.80	188.8	179.1	10752	10406	0.875
Julio	163.7	43.90	2.90	210.0	199.1	12026	11593	0.876
Agosto	188.2	49.10	2.90	225.8	214.0	12803	12398	0.871
Septiembre	212.4	55.40	3.50	232.2	219.9	12932	12521	0.856
Octubre	253.0	53.60	4.50	253.3	239.6	13955	13510	0.846
Noviembre	256.3	63.40	6.10	238.1	224.0	13097	12599	0.840
Diciembre	250.0	81.10	7.70	224.7	211.1	12357	11970	0.845
Año	2467.2	678.70	5.74	2634.6	2489.4	146523	141539	0.852

Leyendas: GlobHor
DiffHor
T_Amb
GlobInc

Irradiación horizontal global
Irradiación difusa horizontal
T amb.
Global incidente plano receptor

GlobEff
EArray
E_Grid
PR

Global efectivo, corr. para IAM y sombreados
Energía efectiva a la salida del conjunto
Energía inyectada en la red
Proporción de rendimiento

Tabla 20. Balances y Resultados Principales de la Simulación de la Planta Solar Fotovoltaica Uyuni para el año 2019. (PVsyst).

Experiencias de modelación en el centro de pronóstico de energías renovables variables en Bolivia



Comparación Energía Simulada contra Energía Real

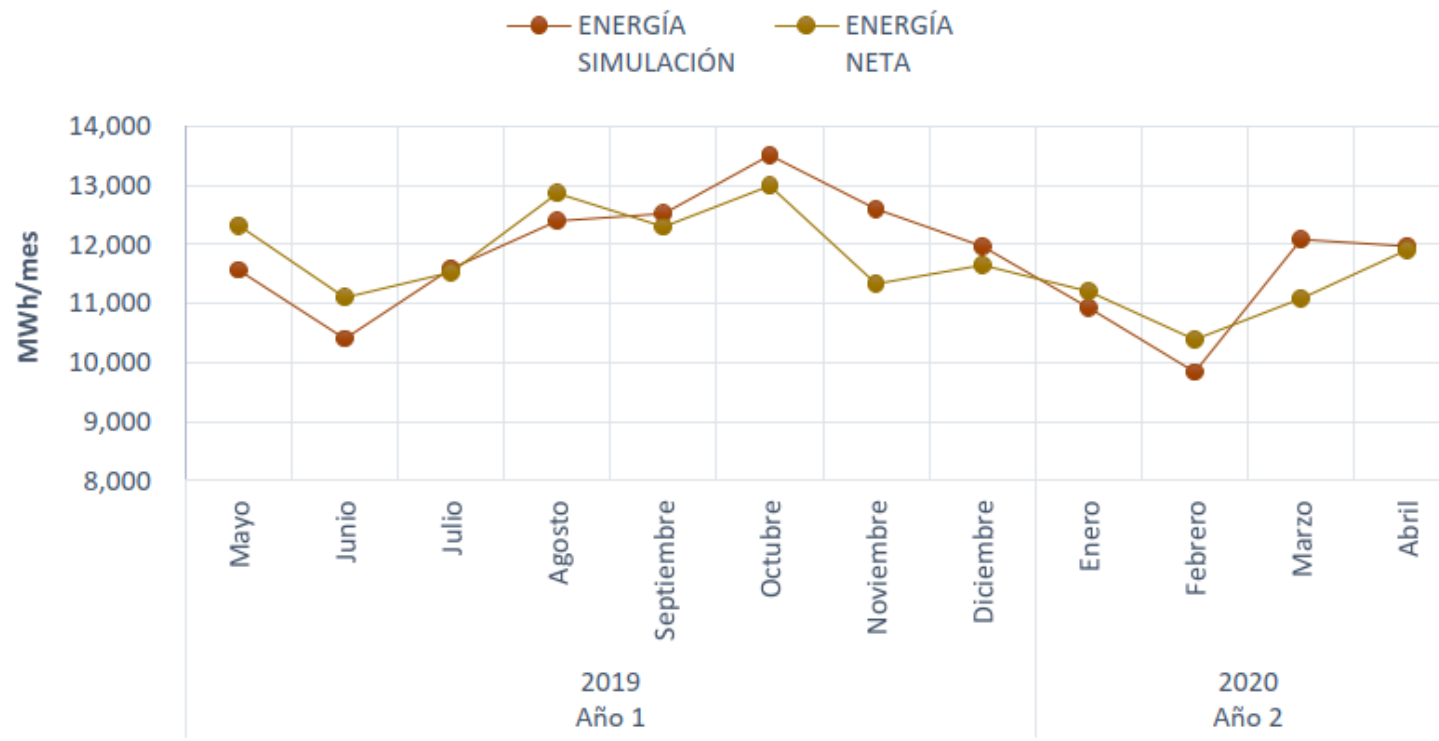
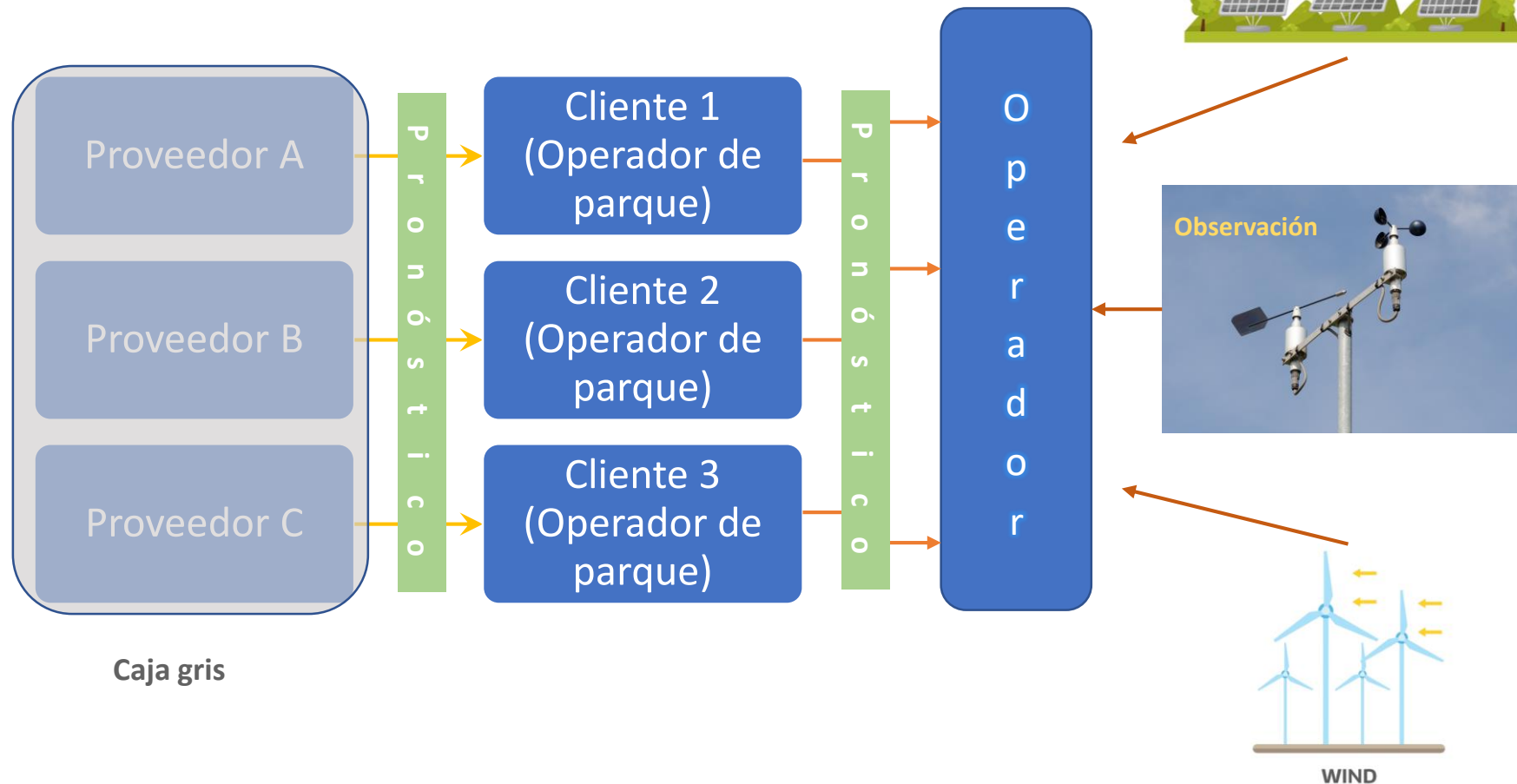


Gráfico 10. Comparación Energía Simulada contra Energía Real producida por la Planta Solar Fotovoltaica Uyuni.

Experiencias de modelación en el centro de pronóstico de energías renovables variables en Bolivia



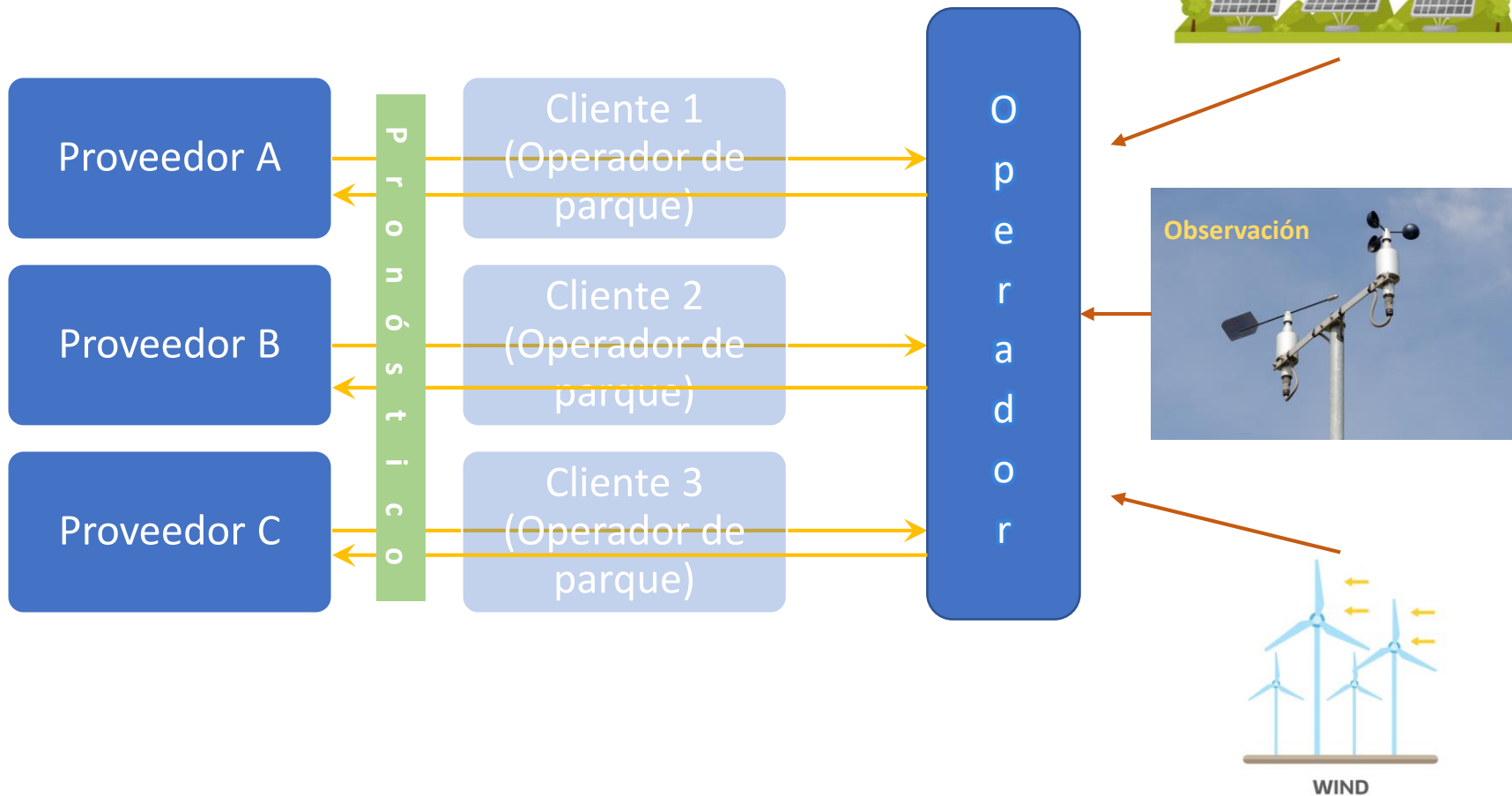
Pronósticos descentralizados



Experiencias de modelación en el centro de pronóstico de energías renovables variables en Bolivia



Pronósticos centralizados



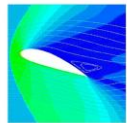
Experiencias de modelación en el centro de pronóstico de energías renovables variables en Bolivia



Experiencias de modelación en el centro de pronóstico de energías renovables variables en Bolivia



Gracias
magorritty@umsa.bo



CENTRO DE MODELACION
Y SIMULACION NUMERICA

