

# Cambio de Paradigma en la Distribución del Racionamiento del Sistema Nacional Interconectado

J. Oscullo †

P. Rivadeneira ‡

† *SENPLADES*

‡ *PIL Automation S.A*

**Resumen--** El sistema eléctrico del país, luego de la crisis que enfrentó en el último bimestre del 2009 e inicios de 2010, demostró un claro precedente sobre la escasa capacidad instalada del parque de generación térmica en el Sistema Nacional Interconectado (SNI) que evidencia su vulnerabilidad y dependencia del abastecimiento de la demanda de las centrales hidroeléctricas, las cuales basan su producción en la estocasticidad de las lluvias de la zona donde se encuentran ubicados los proyectos hidroeléctricos.

La expansión del sistema eléctrico nacional de los últimos años, ha buscado por un lado enfrentar la evolución y el normal crecimiento de la demanda eléctrica, mediante el uso de tecnología de generación térmica que en la matriz eléctrica del Ecuador del 2011, representó aproximadamente el 47%, y por otro lado busca tener reserva de generación para el cumplimiento de los programas de mantenimiento de las unidades y la salida del sistema eléctrico de equipos debido a la obsolescencia o que son únicamente arrendados por periodos de tiempo definido.

De acuerdo a la normativa vigente en la regulación CONELEC 001/05, si a pesar de cualquier acción se presenta un déficit en la generación y es necesario realizar racionamientos de energía eléctrica o más conocidos como “cortes eléctricos”. El esquema de repartición de los mismos a las diferentes empresas de distribución se la realiza de acuerdo al numeral 6 de la indicada regulación; mediante factores de repartición que dependen del nivel de consumo, nivel de recaudación-facturación y pérdidas de cada distribuidora; es decir; de estos factores únicamente el nivel de consumo depende del usuario, mientras que los otros dependen de la gestión de cada empresa eléctrica de distribución. Adicionalmente, la regulación indica los diferentes mecanismos cuando ya se presenta el racionamiento.

El presente trabajo, busca a través del desarrollo de una aplicación con el uso de macros de EXCEL®, denominada TEMA-R® obtener mediante la simulación de la operación de los recursos del SNI la fecha estimada de inicio de los potenciales racionamientos en base a tres

escenarios de caudales afluentes al complejo hidroeléctrico Mazar-Amaluza, los valores de energía a ser racionada y la distribución de los mismos de manera proporcional al consumo de energía de cada distribuidora, con lo que se busca una distribución equitativa de los racionamientos.

**Palabras clave--** Sistema eléctrico, racionamiento, mecanismos de distribución de energía, aplicaciones SEP.

## 1. INTRODUCCIÓN

Para todo país es de vital importancia el proporcionar acceso al sistema de energía eléctrica a todos los elementos y acciones de la sociedad, ya que esto permite llevar adelante todas las actividades industriales, comerciales y residenciales, incluso es necesario que el servicio de electricidad sea garantizado en el corto y largo plazo.

Si bien, la expansión de un sistema eléctrico tiene como objetivo la seguridad del suministro de electricidad, la cual debe estar balanceada por una parte con centrales de generación cuyo nivel de producción depende de la estocasticidad del recurso, lo cual hace necesaria e imprescindible la presencia de unidades de generación térmica. Mediante el mix de generación se busca tener un nivel de reserva para el cumplimiento de los programas de mantenimiento de las unidades y la salida del sistema eléctrico de equipos debido a la obsolescencia o que son únicamente arrendados por periodos de tiempo definido.

Si algunas de las actividades de mantenimiento y expansión en el parque generador se retrasan o no se realizan, incrementan la probabilidad de que vuelvan los eventos que se han presentado en años anteriores en el SNI, provocando que la situación energética del país se haya visto comprometida por las contingencias en el sistema de generación, lo cual ha hecho que el objetivo estratégico del Estado y autoridades del sector eléctrico, sea buscar condiciones que permitan garantizar la suficiencia en el abastecimiento eléctrico y así evitar que el sistema eléctrico enfrente nuevamente una crisis energética como la del

último bimestre del 2009 e inicios de 2010, donde se evidenció un claro precedente sobre la escasa capacidad instalada y una elevada indisponibilidad del parque de generación térmica en el SNI.

Sobre lo señalado, el abastecimiento de la demanda del SNI año tras año en sus análisis se considera la probabilidad de los racionamientos; por lo que mediante la regulación CONELEC 001/05 “Operación del Sistema Nacional Interconectado en condiciones de déficit de Generación” la cual toma en consideración factores que dependen del nivel de consumo, recaudación, facturación y pérdidas de cada distribuidora, de los cuales el único que es de control del usuario es el nivel de consumo mientras que los demás depende del nivel de gestión técnica y económica de la empresa de distribución a la cual por normativa los usuarios para acceder al servicio eléctrico son usuarios regulados.

En la Constitución de 2008 se plantea un nuevo modelo de sociedad y de Estado, en el cual los derechos del Buen Vivir, se basan en el marco de los principios de justicia social y solidaridad, como lo indica el objetivo 1 del Plan Nacional para el Buen Vivir 2009-2013 “Auspiciar la igualdad, la cohesión y la integración social y territorial en la diversidad”, mediante este objetivo se busca un reparto orgánico de la riqueza del país, en términos de infraestructuras, bienes y servicios, considerados necesarios e indispensables para la ampliación de las capacidades y libertades humanas y para el funcionamiento eficaz de la economía ecuatoriana; así como, la solidaridad del conjunto de la sociedad ante restricción de la provisión de bienes y servicios.

En el caso del servicio eléctrico, al presentarse una crisis energética la distribución de los racionamientos debe ser lo más equitativa entre todas las empresas de distribución y debe ser en base al nivel de disponibilidad de los recursos de generación existentes y el nivel de consumo registrado por los usuarios antes de presentarse el racionamiento. Con todo ello alcanzar por un lado reducir el impacto negativo a las diferentes actividades de la sociedad y por otro que los cortes eléctricos sean los mínimos requeridos para operar con confiabilidad y seguridad la red eléctrica.

## **2. FACTORES DEL RACIONAMIENTO ENERGÉTICO DEL AÑO 2009 EN EL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO**

El sector eléctrico ecuatoriano año tras año se enfrenta a la problemática del abastecimiento de energía eléctrica debido a la limitación energética

en la oferta de generación, ya que la disponibilidad de los recursos de producción que para el caso de las unidades hidráulicas dependen de los fenómenos climatológicos, que debido al fenómeno global del cambio climático han incluido incertidumbres adicionales en la obtención de los pronósticos de los caudales; y ello sumado a la baja capacidad nacional de producción de combustibles; situación que provoca una compleja logística para el abastecimiento de combustibles a las diferentes centrales térmicas.

Con todo lo indicado, la operación del sistema eléctrico es complicada y al no contar con una reserva de oferta adecuada se vuelve vulnerable y con alta probabilidad de que el sector presente crisis energéticas, como la última presentada en el año 2009.

Entre los principales factores que provocaron la disminución de oferta de energía que llevó a la aplicación de racionamientos eléctricos están:

- Una acentuada disminución de los niveles de lluvia en las zonas donde se encuentran las principales centrales de generación hidroeléctrica del SIN.
- Una elevada indisponibilidad de varias térmicas que deben funcionar como unidades de respaldo de la generación hidroeléctrica, debido principalmente al factor de obsolescencia del parque generador termoeléctrico del país.
- Una restringida logística de la distribución de combustible en el sector eléctrico, que provocó un nivel de producción reducida de las unidades térmicas y en otros casos la salida de operación de las mismas.
- Retrasos en la puesta en operación de unidades de generación que se encontraban en mantenimiento, debido a la falta de institucionalidad del sector eléctrico.
- Dependencia del SNI en aproximadamente un 10% de su oferta de energía en la interconexión eléctrica con Colombia, y al ser una oferta de carácter de no firme- excedentes de energía-. Ya que en Colombia también se presentó una acentuada sequía, los intercambios de energía eléctrica se redujeron drásticamente al mínimo.

### 3. ANÁLISIS DE LA REGULACIÓN SOBRE DÉFICIT DE GENERACIÓN EN EL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO

La regulación vigente CONELEC 001/05 establece factores de repartición para la distribución del déficit de energía a cada una de las empresas distribuidoras, siendo los mismos los siguientes: factor de repartición por demanda de energía (FRE), factor de repartición por pérdidas de energía (FRP) y finalmente el factor de repartición por recaudación y facturación a consumidores regulados (FRRF), la relación de cada uno de los factores con el nivel de déficit de energía a ser determinado por el operador del sistema que para el Ecuador es el Centro Nacional de Control de Energía -CENACE, se muestra en la ecuación 1.

$$DFD_i = DFT_{SNI} \left[ FRE \left( \frac{DED_i}{\sum_j DED_j} \right) + FRRF \left( \frac{DRF_i}{\sum_j DRF_j} \right) + FRP \left( \frac{PED_i}{\sum_j PED_j} \right) \right] \quad \text{Ec-1}$$

Dónde:

$DFD_i$  = Déficit de energía asignado a la Empresa Distribuidora “i” (MWh)

$DFT_{SNI}$  = Déficit total a nivel del SNI determinado por el CENACE (MWh)

$DED_i$  = Demanda de energía para cada Distribuidor “i” determinado por el CENACE en la Planificación Operativa (MWh)

$DRF_i$  = Diferencia entre Facturación y Recaudación a sus consumidores finales por parte del Distribuidor, registrados en el año inmediatamente anterior (US\$)

$PED_i$  = Pérdidas totales de energía registradas por el Distribuidor “i” durante el año inmediatamente anterior y proporcionado por el CONELEC (MWh).

Para el cálculo del déficit de energía mediante la ecuación 1, obtenida de la regulación 001/05, la cual indica que el FRE representa un 80%, mientras que el FRRF representa el 5% y el FRP 15%.

Como se observa el 20% de la repartición del racionamiento depende del nivel de gestión de las empresas distribuidoras; así si la empresa presenta un nivel alto de pérdidas, y un nivel bajo de recaudación de la energía facturada los usuarios del área de concesión de esa empresa distribuidora presentan un nivel de racionamiento mayor al de una empresa con mejores niveles de pérdidas y recaudación de energía. Afectando al grupo de consumidores que hayan cumplido sus obligaciones con la empresa distribuidora.

### 4. METODOLOGÍA PROPUESTA

Mediante la regulación 001/05 el mecanismo para la repartición del déficit de energía no cubre el concepto de solidaridad en el nuevo esquema de sociedad planteado por la Constitución del 2008, donde se reparta equitativamente los beneficios del servicio público; así como en la eventualidad de presentarse un racionamiento de energía; por ello, se hace necesario que los factores FRRF y FRP no tengan incidencia en la asignación del déficit. El único factor de repartición determinante es el Factor de Repartición por demanda de energía, es decir, que cambie del 80% al 100% (1 p.u) de la participación en la asignación del déficit de energía.

Esta situación indica que el déficit total de energía del SNI a ser repartido a cada empresa distribuidora dependerá del nivel de consumo de energía de los usuarios de cada área de concesión, es decir, el racionamiento se aplicaría de manera proporcional al consumo respecto al total de la demanda nacional. Con la cual distribuir el déficit de energía requerido por el SNI, sin discriminación de ubicación de acceso a la red eléctrica, ni del número de usuarios de cada empresa.

Es necesario señalar que si bien, la demanda de energía depende del número de usuarios, su patrón de consumo no es el mismo, por ejemplo, usuarios de la región costa tienen diferentes hábitos y escenario climatológico respecto a los consumidores de la región sierra; de igual manera las actividades económicas y sociales son diferentes, lo que hace que los patrones de consumo de la energía eléctrica difieran.

A fin de obtener la distribución equitativa de los valores de energía a ser racionada de manera proporcional al consumo de energía de cada empresa distribuidora, se ha desarrollado una aplicación con el uso de macros de EXCEL®, denominada TEMA-R® con la cual se obtiene mediante una simulación de la operación de los recursos del SNI con la variable adicional de la distribución del racionamiento que requiere en el eventual escenario el SNI. Adicional, la aplicación estima la fecha de inicio de los potenciales racionamientos por medio de tres escenarios obtenidos en base a los caudales afluentes a la cadena hidráulica con fines de generación eléctrica Mazar-Amaluza para un periodo de operación trimestral.

A continuación se presenta el procedimiento requerido para la obtención de la trayectoria de operación del complejo hidroeléctrico formado por las centrales Mazar y Paute para un periodo de operación

trimestral y la distribución de racionamiento para cada empresa de distribución:

- Paso 1: Obtención de la información de operación del SNI del día t-1 para cada central/unidad del sistema, la demanda, los niveles de los embalses de Mazar y Amaluza.
- Paso 2: Ingreso de la información de operación del SNI del día t para cada central/unidad del sistema, la demanda ya sea mediante el despacho programado o el último re despacho vigente.
- Paso 3: Ingreso de los escenarios hidrológicos (superior, medio e inferior) de afluencia de caudales al complejo hidroeléctrico Mazar - Amaluza, mediante el cual se determina el nivel del embalse tanto de Mazar como de Amaluza al final del día de acuerdo a las cuotas energéticas requeridas para las centrales hidroeléctricas Mazar y Paute. Los niveles de los embalses al final de cada día son las condiciones iniciales de cada día del trimestre analizado.
- Paso 4: Ingreso de la disponibilidad energética de cada una de las centrales/unidades con la finalidad de abastecer la demanda diaria de energía.
- Paso 5: Mediante estos balances, se simula la operación de los recursos del SNI, y se define los valores de déficit de energía requeridos en cada escenario hidrológico, considerado la restricción operativa de los embalses Mazar y Amaluza impuestos por el usuario.
- Paso 6: Con cada valor de déficit total de energía de cada día del trimestre de análisis, se realiza la distribución proporcional al último nivel de consumo registrado para cada empresa distribuidora sin la presencia de racionamientos.

### 5. APLICACIÓN AL SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO.

Considerando el informe anual del año 2009 del CENACE, se procedió a ingresar los datos requeridos por la aplicación TEMA-R®, para la semana del 5 al 11 de noviembre de 2009, período en el cual se presentó un racionamiento en energía del SNI de 34640.00 MWh. El sistema eléctrico presentó las siguientes características durante el periodo analizado; un nivel

de inicial en el embalse de Amaluza de 1968.9 msnm con un caudal de ingreso de 30.1 m3/s; escenario en el cual se obtiene una distribución de racionamientos por medio de la aplicación y estos compararlos con los valores programados por CENACE y a su vez con los cortes energéticos ejecutados por las distribuidoras para el periodo de análisis. Como se muestra en la Fig. 1; las empresas ejecutaron un corte de energía superior al valor de racionamiento obtenido mediante la aplicación -proporcional- y en algunos casos inferior al programado por CENACE.

En la aplicación se estableció las mismas condiciones energéticas e hidrológicas presentadas en el último bimestre del 2009, esto involucra que la central Mazar conjuntamente con su embalse no serán modeladas debido a que la central Mazar entró en funcionamiento en el segundo trimestre del 2010.

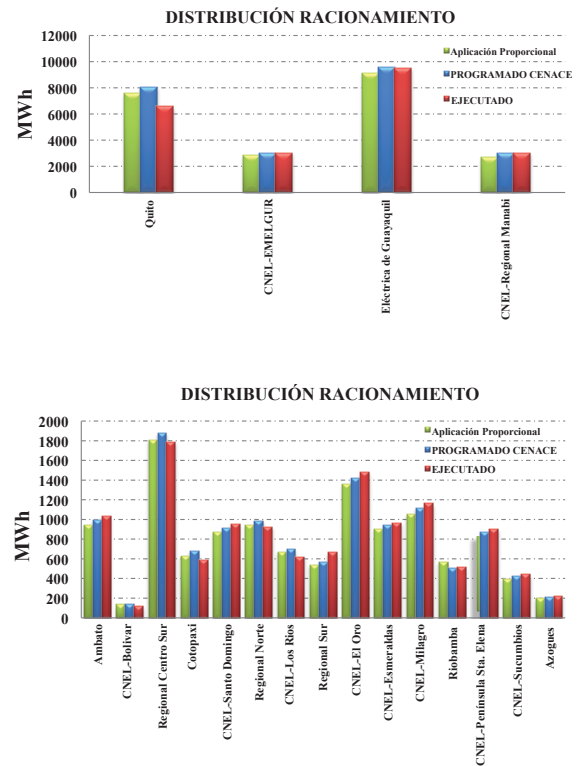


Figura 1: Distribución de racionamiento por Empresa Distribuidora para la semana del 05-11 de noviembre del 2009

Los valores diarios de asignación del déficit se los debe hacer semanalmente de acuerdo a lo dispuesto en la Regulación 001/05. Realizar asignaciones del déficit para un período mayor al establecido en la regulación no sería aconsejable, debido a las condiciones hidrológicas y a la capacidad de regulación de los embalses con que cuenta el SNI.



En la Fig. 2; se presenta los valores de racionamiento semanales calculados para la semana de análisis por medio de la aplicación y mediante la regulación.

Se puede observar que existe diferencias para ciertas empresas entre el corte proporcional y de acuerdo a la regulación como era de esperarse, así los usuarios del área de concesión de empresas con un nivel de gestión baja presentan niveles de racionamiento superiores a los que se obtendrían mediante la distribución proporcional al consumo; y empresas con una adecuada gestión como la EEQSA obtendrían un valor de racionamiento inferior. Más, dado que el SNI requiere de un nivel de déficit es supuesto “beneficio” a los usuarios lo deben asumir otros usuarios de otras empresas de distribución, este esquema está bien si existe un nivel de mercado y en el que todas las empresas manejen un nivel de gestión técnica económica semejante entre sí.

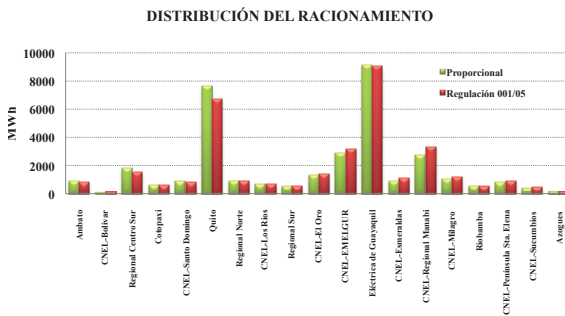


Figura 2: Distribución de racionamiento por Empresa Distribuidora para la semana del 05-11 de noviembre del 2009

Así, el rol de los gobiernos busca que todas las empresas alcancen niveles de gestión adecuados y la provisión del servicio público sea de similares características técnicas en cualquier punto del territorio nacional. Por todo ello mediante el PNBV; busca alcanzar este nuevo esquema por medio de varios proyectos propuestos por el ministerio del ramo respectivo.

La aplicación TEMA-R® permite modelar una restricción operativa como es el nivel mínimo que puede alcanzar un embalse; como se observó; el nivel del embalse Amaluza alcanzó los 1968.9 msnm el día de inicio de racionamientos; más las características del embalse indican que el nivel mínimo es de 1975 metros; por lo que considerando esta restricción y para mantener este nivel mínimo; el comienzo de los racionamientos debieron ser el día 12 de octubre de 2009, como se muestra en la Fig. 3; con un

racionamiento para la primera semana de 34 GWh, mientras que para las siguientes semanas el mismo se reduciría alcanzando una distribución semanal de 26 GWh, esta disminución se debe a dos razones:

- Al cambio de hábito de consumo de la energía por parte de los consumidores al verse sujetos al racionamiento.
- La presencia de días de feriado durante el mes de noviembre.

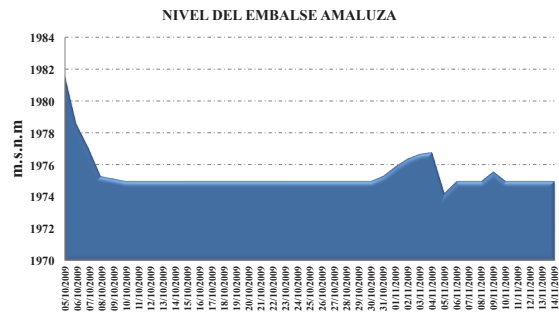


Figura 3: Nivel del Embalse de Amaluza, con estimación del día de inicio de Racionamiento

A fin de mantener esta trayectoria del embalse los racionamientos requeridos se muestran en la Fig. 4, como se puede observar únicamente la primera semana se requería un racionamiento del 10% de la demanda semanal y luego el racionamiento alcanzaba el valor de 7%.

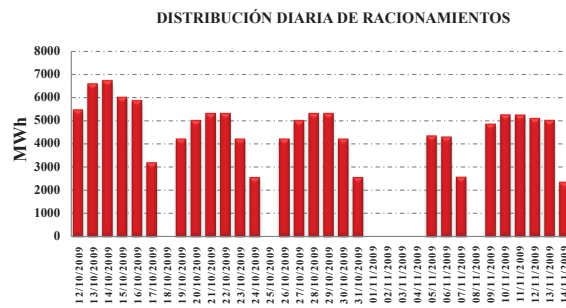


Figura 4: Distribución diaria de racionamiento para el período 12 de octubre al 14 de noviembre de 2009

Sobre lo indicado, mientras más tarde se tome la decisión de realizar los “temibles” racionamientos, a más de someter a condiciones extremas al sistema eléctrico, que pueden afectar la disponibilidad de los recursos más adelante; se hace necesario profundizar por periodos adicionales el nivel de los racionamientos hacia el usuario.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Las regulaciones del sector eléctrico deben actualizarse tomando en cuenta la filosofía de la Constitución del 2008, donde se busca una distribución de los beneficios de la infraestructura para la dotación del servicio público, así también una equidad en la distribución de eventuales restricciones en el abastecimiento a la sociedad del servicio público.
- La generación del SNI presenta una alta dependencia de las reservas de energía secundaria de los embalses, así el sistema de abastecimiento de la demanda es vulnerable a las condiciones climatológicas de las cuencas donde se ubican las centrales hidroeléctricas.
- Debido a que las unidades térmicas del SNI ya han sobrepasado su vida útil, deben realizar su mantenimiento más continuamente para lo cual debe existir recursos y coordinación adecuada.
- Una adecuada política energética es expandir el sistema mediante un mix renovable y térmico, siendo este último mediante el uso de residuo de petróleo en el cual el país posee excedentes.
- El sistema eléctrico ecuatoriano al ser un sistema vulnerable por las condiciones hidrológicas, es necesario, que la disponibilidad de las unidades térmicas presente un alto porcentaje de cumplimiento en cuanto a la logística técnico-financiera para el suministro de combustibles para el sector eléctrico por parte de PETROCOMERCIAL.
- La consideración del 20% de la distribución del déficit de energía, mediante la regulación 001/05; genera un trato discriminatorio a los usuarios.
- Mediante la aplicación desarrollada se puede analizar varios escenarios y determinar periodos de potenciales racionamientos eléctricos con lo que se puede tomar medidas oportunas he implementar el esquema de distribución de los mismos, si ya fuese irreversible su aplicación.
- Si bien se debe tener índices de gestión técnica y administrativa de las empresas de

distribución, los mismos no deben afectar al consumo de los usuarios, sino a la empresa en su conjunto.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. Rivadeneira Paúl, Desarrollo de una metodología que permita la repartición óptima del racionamiento a las distribuidoras del Sistema Nacional Interconectado -SNI. Tesis EPN, 2011.
- [2]. Oscullo José y Yacche Javier, Establecimiento del Riesgo de Racionamiento en el SNI mediante Programación Dinámica Dual Estocástica SDDP, Revista Energía, Ene.2010
- [3]. Oscullo José, Um Modelo de Pre-Despacho con Gerenciamiento de Congestionamiento no Sistema de Transmissão, Tesis de Maestría UNICAMP, 2002.
- [4]. Oscullo José, Importancia del Factor de Emisión del SNI en el desarrollo de proyectos MDL del Sector Eléctrico. SNSE-ECUACIER, Abr.2011.
- [5]. Mocarquer S, En la variedad está la Energía, Revista Univertistaria PUC-CH No.90 págs.: 21-25 Sep.2006.
- [6]. Corporación Centro Nacional de Control de Energía -CENACE-, información operativa y administrativa del SNI <http://www.cenace.org.ec>
- [7]. Consejo Nacional de Electricidad -CONELEC Información general y normativa del sector eléctrico ecuatoriano <http://www.conelec.gov.ec>
- [8]. Boletín Estadístico del año 2009 CONELEC.



Rivadeneira Paúl.- Nació en la ciudad de Santo Domingo de los Colorados, Ecuador el 29 de octubre de 1983. Recibió su título de Ingeniero Eléctrico en la especialidad de Sistemas Eléctricos de Potencia en la Escuela Politécnica Nacional en marzo del 2011.

Actualmente se desempeña como asistente de ingeniería eléctrica en la empresa PIL Automation S.A.

Se ha desempeñado como ingeniero de soporte estadístico y despacho diario en la Corporación CENACE. Su campo de investigación se encuentra relacionado con la planificación de la operación de SEP a mediano plazo y la aplicación de TIC's en el manejo de embalse equivalente para un SEP.



Oscullo Lala José.- Nació en Sangolquí, Ecuador en 1971. Recibió su título de Ingeniero Eléctrico en la Escuela Politécnica Nacional en 1996; Máster en Ingeniería Eléctrica de la Universidad Estatal de Campinas, Sao Paulo en 2002; Magister en Dirección de Empresas de la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador en 2008; Especialista en Proyectos de Desarrollo de la Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Ecuador en 2010.

Actualmente se desempeña como Asesor del Sector Eléctrico en la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (SENPLADES).

Se ha desempeñado como ingeniero de Planeamiento del CENACE hasta julio de 2010, Asesor de Planificación y Expansión del SNI en el MEER en el período agosto-diciembre de 2010; además es Director y Codirector de tesis de pregrado y postgrado de la Escuela Politécnica Nacional y UASB. Su campo de investigación se encuentra relacionado a la aplicación de sistemas expertos y financieros en SEP, así como el análisis técnico, económico y financiero de expansión de sistemas eléctricos y proyectos de desarrollo ambiental.