



**PLAN DE ENERGIZACIÓN RURAL SOSTENIBLE PARA EL DEPARTAMENTO
NORTE DE SANTANDER (PERS NORTE DE SANTANDER): UNA APUESTA
POR LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL**

**UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
VICERRECTORÍA ASISTENTE DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN**

**DISEÑO DEL MARCO MUESTRAL PARA PERS
NORTE DE SANTANDER**

SAN JOSÉ DE CÚCUTA, OCTUBRE DEL 2017



Tabla de Contenidos

	Página
1. Diseño de la muestra.....	3
1.1 Marco de la muestra.....	3
1.2 Formación de unidades de muestreo.....	3
1.3 Estratificación.....	4
2. Esquema de muestreo.....	7
3. Tamaño de la muestra.....	7
3.1 Fijación de factores clave.....	7
3.2 Tamaño de muestra sector residencial.....	9
3.3 Tamaño de muestra sectores CIO.....	10
4. Afijación de la muestra.....	11
5. Selección de la muestra.....	12
6. Estimadores.....	15
7. Referencias.....	16
7. Anexos.....	17

1. Diseño de la muestra

El diseño de la muestra es de tipo probabilístico, por lo cual se espera que los resultados obtenidos por su intermedio se puedan generalizar a toda la población del Departamento del Norte de Santander. Desde otra perspectiva, el muestreo es poli-etápico: la unidad última de selección es la vivienda y la unidad de observación está constituida por los habitantes de esa vivienda.

1.1 Marco muestral

El marco muestral se construyó a partir de la información puesta a disposición por el Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), construido sobre la base de la información demográfica y cartográfica colectada en el censo del año 2005 y proyectado hasta el año 2016. Estos datos están contenidos en la Tabla 1, que resume las 6 subregiones y los 40 municipios del Departamento del Norte de Santander. Las variables de interés reflejadas en la tabla son: el índice de ruralidad por municipio, población, número de viviendas, número de habitantes por hogar (según el censo 2005 y su proyección para el año 2016) y el número de viviendas a considerar en el marco muestral del estudio, este último obtenido como un cociente entre la cantidad de habitantes que viven fuera de la cabecera del municipio entre el tamaño promedio del hogar (Ver Anexo I).

1.2 Formación de unidades de muestreo

Al interior de cada región, las unidades de muestreo se realizan como a continuación se describe:

Unidad Primaria de Muestreo (UPM):

Las Unidades Primarias de Muestreo (UPM) están constituidas por cada una de las seis regiones que componen la geografía del Departamento del Norte de Santander: Norte, Oriental, Occidental, Centro, Sur Oriental y Sur Occidental. La Tabla 1 muestra el número de viviendas por cabecera y por Sub Región.

Unidad Secundaria de Muestreo (USM):

La Unidad Secundaria de Muestreo (USM) está constituida por los municipios que conforman cada una de las UPM señaladas.

Unidad Terciaria de Muestreo (UTM):

La Unidad Terciaria de Muestreo (USM) está constituida por las viviendas particulares, habitadas permanentemente o aptas para habitarse en el momento de construir los listados para el marco muestral.

Tabla 1
Número de viviendas por cabecera y resto por Sub Regiones.

Sub Regiones	Número de viviendas cabecera	Resto	Total
Norte	7369.1	12285.6	19654.7
Oriental	195452.5	10170.4	205622.9
Occidental	30850.4	29886.9	60737.3
Centro	4037.8	7246.9	11284.8
Sur Oriental	6454.7	9555.9	16010.5
Sur Occidental	14916.5	5710.7	20627.2
Totales	259081.0	74856.4	333937.4

1.3 Estratificación

Cuando se diseña una encuesta de hogares, una técnica muy extendida es la estratificación de la población que se desea encuestar con anterioridad a la selección de la muestra. Esta sirve para clasificar a la población en subpoblaciones (estratos) basándose en información auxiliar conocida sobre toda la población. Después de cada estrato, se seleccionan independientemente los elementos de la muestra de forma coherente según los objetivos de medición de la encuesta.

Al interior de cada Región (UPM), cada municipio (USM) se sometió a una estratificación en base a la caracterización socioeconómica y energética, para lo cual se consideraron las siguientes variables:

- ✓ Cabeceras municipales que tengan un Índice de Ruralidad (IR) mayor al 40%, en cuyo caso, se toma toda la población rural.
- ✓ Consumo de energía eléctrica y cantidad de suscriptores reportados por el Sistema Único de Información de Servicios Públicos (SUI) de manera mensual para el periodo 2000 - 2016.

Índice de ruralidad

Con el fin de establecer una metodología que permitiera clasificar el territorio y focalizar el estudio en las zonas rurales desde una visión holística y sin exclusión de las zonas de importancia, se tomó como criterio de selección el Índice de Ruralidad (IR), índice generado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo en el Informe Nacional de Desarrollo Humano 2011 para Colombia. En este informe se determina el IR partiendo de tres criterios. El primero combina la densidad demográfica con la distancia de los centros poblados de menor a mayor rango. El segundo adopta el municipio como un todo sin exclusión de zonas de cabecera-centro poblado-rural disperso. El tercero asume la ruralidad como una continuidad, estableciendo municipios más o menos rurales en vez de solo urbanos o solo rurales. Este índice genera una valorización que oscila entre 0 y 100%.

Con base en el diagnóstico presentado por el PNUD, en el 2011 se establece una visión municipal en relación con la ruralidad que existe en el Departamento. Este diagnóstico genera un porcentaje del IR para cada municipio. Se parte de la metodología PERS, que establece un IR=40% para distinguir los municipios rurales (IR > 40%) de los no rurales (IR < 40%). En la Tabla 2 se relacionan los Índices de Ruralidad por municipios del Departamento Norte de Santander.

Tabla 2
Índice de Ruralidad de los Municipios del Norte de Santander

REGIÓN	MUNICIPIO	ÍNDICE DE RURALIDAD (IR)	NÚMERO DE VIVIENDAS 2016			MARCO MUESTRAL
			CABECERA	RESTO	TOTAL	
Centro	Arboledas	38.1	583	1631	2214	1631.4
Centro	Cucutilla	36.9	332	1764	2095	1763.6
Centro	Gramalote	34.1	790	711	1501	711.2
Centro	Lourdes	34.6	362	489	851	489.4
Centro	Salazar	38.3	998	1447	2446	1447.2
Centro	Santiago	40.1	401	413	814	814
Centro	Villa Caro	40.6	572	792	1363	1363.3
Norte	Bucarasica	39.2	134	946	1080	946
Norte	El Tarra	40.7	1136	1786	2921	2921.2
Norte	Sardinata	40.8	2142	3029	5171	5170.8
Norte	Tibú	42	3957	6525	10482	10482.3
Occidental	Abrego	37.3	3474	4797	8272	4797.3
Occidental	Cachirá	38.5	538	2304	2843	2304.5

Occidental	Convención	40.4	1583	2479	4062	4061.7
Occidental	El Carmen	44.5	682	3263	3945	3945.3
Occidental	Hacarí	38.8	276	2238	2514	2237.8
Occidental	La Esperanza	38.5	399	2450	2848	2449.6
Occidental	La Playa	37.5	193	2183	2377	2183.4
Occidental	Ocaña	25.9	22750	2720	25470	2720
Occidental	San Calixto	37.5	370	3099	3469	3098.8
Occidental	Teorama	39.9	584	4354	4938	4353.8
Oriental	Cúcuta	20.5	150884	5351	156235	5351
Oriental	El Zulia	34.4	3598	2313	5911	2313.4
Oriental	Los Patios	20.1	17822	564	18386	564.1
Oriental	Puerto Santander	26.4	1795	95	1890	95.2
Oriental	San Cayetano	35.3	539	926	1466	926.4
Oriental	Villa del Rosario	18.1	20815	920	21735	920.3
Sur occidental	Cácota	38.2	150	334	484	334.3
Sur occidental	Chitagá	42.7	931	1704	2635	2635
Sur occidental	Mutiscua	36.3	159	1008	1167	1007.8
Sur occidental	Pamplona	25.8	13099	737	13836	736.7
Sur occidental	Pamplonita	36	301	972	1274	972.4
Sur occidental	Silos	38.3	277	956	1233	955.8
Sur oriental	Bochalema	34.5	798	1226	2024	1225.9
Sur oriental	Chinácota	29.8	2818	1462	4280	1461.8
Sur oriental	Durania	37.1	447	585	1032	584.9
Sur oriental	Herrán	34.2	183	541	724	540.9
Sur oriental	Labateca	37.2	379	1325	1703	1324.8
Sur oriental	Ragonvalia	31.2	549	754	1302	753.8
Sur oriental	Toledo	41.8	1281	3664	4945	4944.5
TOTALES			259081	74857	333938	87541.6

2. Esquema de muestreo

El diseño muestral fue concebido bajo un esquema de muestreo probabilístico, polietápico, estratificado y por conglomerados. La explicación y justificación de cada uno de ellos se comenta a continuación:

Probabilístico:

Significa que las unidades de selección tienen una probabilidad conocida y distinta de cero en la muestra para cada miembro de la población, lo cual permite garantizar la precisión de los resultados muestrales.

Estratificado:

Porque las unidades de selección son agrupadas por características similares de tipo geográficas y socioeconómicas.

Polietápico:

Porque la última unidad de selección (vivienda) es elegida después de varias etapas.

Por conglomerados:

Porque previamente se conforman conjuntos de unidades muestrales de los cuales se obtiene la muestra.

3. Cálculo del tamaño de la muestra

3.1 Determinación del factor clave

Para calcular el tamaño de la muestra hay que elegir entre las muchas estimaciones que se medirán en la encuesta. En este caso, la estimación principal estuvo constituida por la tasa de hogares rurales con servicios de energía eléctrica. Por tanto, el cálculo del tamaño de la muestra estuvo basado en esta tasa. Sobre la base de la consideración de otros indicadores clave suele aplicarse una convención que consiste en calcular el tamaño de la muestra necesario para cada indicador y emplear aquel que genere la muestra mayor. De acuerdo con este criterio, el indicador para el cálculo de la población base es la “subpoblación objetivo” más reducida en función de su proporción respecto de la población total. La precisión deseada, por supuesto, debe tenerse en cuenta cuando el tamaño de la muestra se basa en una estimación de esta clase. Cada una de las demás estimaciones clave se medirá con una fiabilidad igual o mayor.

De manera alternativa, el tamaño de la muestra puede asentarse en una proporción relativamente pequeña con respecto a la población objetivo, en lugar de basarse en la especificación de un indicador concreto. Es probable que este sea el mejor método para una encuesta general de hogares centrada en varios temas inconexos, en cuyo caso sería poco práctico e imprudente basar el tamaño de la muestra en el indicador de un solo tema.

En esta encuesta se considera que el principal indicador que se desea medir es el porcentaje de la población que no tiene acceso a los servicios energéticos en la Región Norte de Santander de Colombia. Según fuentes del Banco Mundial, durante el año 2014 esta proporción fue del 10%.

Se considera de manera proporcional la composición de la población rural en cada estrato. Sin embargo, un criterio de inclusión determinante está determinado por las cabeceras municipales que tengan un Índice de Ruralidad (IR) mayor al 40%, estratos en los cuales se considerará para el marco todas las viviendas relacionadas. Para una agregación de la zona rural y de las cabeceras municipales, se aplicará la división geopolítica del Departamento con base en el "Plan de Desarrollo del Departamento", lo que implica una subdivisión del territorio en seis subregiones: Subregión Centro, Subregión Norte, Subregión Occidente, Subregión Oriente, Subregión Suroccidente y Subregión Suroriente, permitiendo segmentar la población de estudio.

Según datos suministrados por el DANE y divulgados a través del Sistema de Información SubRegional del Norte de Santander, se proyecta que para el año 2016 la población alcanzará la cifra de 1,367,708 personas, y para el 2019, 1,402,695. En estas proyecciones se observa un decrecimiento de su participación en el contexto nacional, que pasaría del 2.84% en 2012 a 2.78% en 2019. El mismo documento proyecta un aumento de la concentración de población en el área metropolitana de Cúcuta, estimándose para el 2019, en 892,732 habitantes, representando el 63.6% de la población total del Departamento.

El censo rural del país se cifra en cerca del 35% de la población total. En el caso del Norte de Santander, la proporción se encuentra en torno al 31%. En consecuencia, la asignación de los factores clave para diseño de muestreo es $r = 0,1$ y $p = 0,35$.

El valor por defecto del efecto del diseño (f) muestral suele fijarse entre 1,0 y 2,0, a menos que se disponga de datos empíricos convincentes de encuestas previas o relacionadas que aconsejen un valor diferente.

El multiplicador de falta de respuesta, k , debería elegirse teniendo en cuenta la propia experiencia del país en lo referente a la falta de respuesta. En los países en desarrollo suele situarse por debajo del 10%. Por tanto, un valor de 1,1 para k constituiría una opción conservadora.

El parámetro p puede calcularse normalmente a partir de los resultados del censo más reciente. El parámetro n_h suele estar en torno a 6,0 en la mayoría de los países en desarrollo, pero debería emplearse el valor exacto, al que normalmente puede accederse a través del último censo. Este valor según los datos oficiales colombianos es en promedio de cuatro para la Región del Norte de Santander (Ver anexo I)

3.2 Fórmula para el cálculo de la muestra sector residencial

Dado que nos centramos en las encuestas de hogares, el tamaño de la muestra se calcula en función del número de hogares que deben seleccionarse. La fórmula de cálculo es:

$$n = \frac{[z^2(r)(1 - r)(f)(k)]}{[(p)(n_h)(e^2)]}$$

Donde:

- ✓ n es el tamaño de muestra requerido, expresado como número de hogares, para el indicador clave;
- ✓ z es el estadístico que define el nivel de confianza deseado;
- ✓ r es una estimación de un indicador clave para medir en la encuesta;
- ✓ f es el efecto del diseño de la muestra, o *deff*, que se supone que es un valor entre 1 y 3. Se puede asumir un valor de defecto entre este rango de acuerdo con información previa (valor por defecto);
- ✓ k es un multiplicador necesario para representar la tasa de falta de no respuesta máxima prevista;
- ✓ p es la proporción de la población total a la que representa la población objetivo y en la que está basado el parámetro r ;
- ✓ n_h es el tamaño promedio de los hogares (número de personas por hogar); y
- ✓ e es el margen de error que se debe alcanzar. Es el margen de error que se tolerará al nivel de confianza de 95%, definido como 12% de r (12 % representa entonces el error de muestreo relativo de r).

La tabla 3 muestra los valores considerados para el cálculo del tamaño de la muestra para los hogares de uso residencial.

Tabla 3
Valores usados para el cálculo del tamaño de la muestra de hogares con uso residencial

Parámetro	Valor
Z	95%
R	10%
P	35,8%
E	10%
n_h	4
K	10% Factor 1,1
F	Entre 1 y 3. Valor tomado 1,2

En cuanto al margen de error, e, se recomienda fijar el nivel de precisión en el 10% de r; así $e = 0,12r$. esto es igual a 0.012

$$n = \frac{(3.84)(0.10)(1 - 0.10)(1,2)(1,1)}{(0.358)(4)(0,12 * 0.1)^2} = \frac{0.456192}{0.0002016} = 2228$$

3.3 Fórmula para el cálculo de la muestra sectores CIO

Para el uso de viviendas de sectores CIO, los valores recomendados para algunos de los parámetros son los siguientes:

- ✓ p proporción mínima de hogares rurales a los que se les da estrictamente un uso residencial 70%.
- ✓ r proporción estimada máxima de hogares a los que se les da un uso distinto al residencial, comercial, industrial u oficial, esta proporción se aproxima en 19%.

La Tabla 4 muestra los valores considerados para el tamaño de la muestra para los hogares de uso distinto al residencial, para los sectores CIO.

Tabla 4
Valores usados para el cálculo del tamaño de la muestra de hogares de los sectores CIO

Parámetro	Valor
z	90%
r	19%
p	70%
e	15%
n _h	4
k	10% Factor 1,1
f	Entre 1 y 3. Valor tomado 1,1

Sustituyendo los valores en la ecuación, se obtiene el valor tamaño muestral:

$$n = \frac{(1.64)(1 - 0.19)(1.1)(1,1)}{(0.19)(0.70)(4)(0,15 * 0.19)^2} = \frac{0.50085}{0.0022743} = 220$$

4. Afijación de la muestra

La afijación de la muestra se realiza dentro de cada Sub Región y municipio entre los diferentes estratos y con proporcionalidad respecto de su tamaño, para lo cual se emplea la siguiente expresión:

$$n_{gh} = \frac{N_{gh}}{N_h} n_h$$

Donde:

- n_{gh} = Número de viviendas en muestra para el h-ésimo municipio en la g-ésima Sub Región
- n_g = Número de viviendas en la muestra para la g-ésima Sub Región
- N_{gh} = Número total de viviendas para el h-ésimo municipio en la g-ésima Sub Región
- N_h = Número total de viviendas para la g-ésima Sub Región

5. Selección de la muestra

La selección de la muestra se realizó de manera independiente en cada municipio-estrato. El procedimiento de selección se realizó de la misma forma en todas las regiones:

1. Se seleccionaron n UPM con probabilidad proporcional al número de viviendas por estrato.
2. En cada UPM seleccionada, se escogieron del listado k municipios de los n_g de cada Sub Región seleccionada.
3. En cada listado por municipio, se seleccionaron n_g viviendas con igual probabilidad utilizando muestreo sistemático con arranque aleatorio.

En consecuencia, la probabilidad de seleccionar una vivienda es:

$$P\{V_{ghijk}\} = \frac{n_{gh} m_{ghi}}{m_{gh}} \frac{n_g m_{ghij}}{m_{ghi}} \frac{k}{n_g} \frac{n_g}{m_{ghij}^*} = \frac{n_g k n_{gh} m_{ghij}}{m_{gh} m_{ghij}^*}$$

Donde:

- n_{gh} = Número de viviendas en muestra para el h-ésimo municipio en la g-ésima Sub Región
- m_{ghi} = Número de viviendas de la i-ésima UPM para el h-ésimo municipio en la g-ésima Sub Región

- m_{gh} = Número de viviendas en muestra para el h-ésimo municipio en la g-ésima Sub Región
 m_{ghij} = Número total de viviendas de la j-ésima USM de la i-ésima UPM para el h-ésimo municipio en la g-ésima Sub Región
 k = Número total de USM seleccionadas considerados en el marco muestral
 m_{ghij}^* = Número total de viviendas de la j-ésima USM de la i-ésima UPM para el h-ésimo municipio en la g-ésima Sub Región al momento del levantamiento de la encuesta.

Su factor de expansión está dado por:

$$F_{ghi} = \frac{m_{gh} m_{ghi}}{n_{gh} m_{ghij} k n_g}$$

La Tabla 5 relaciona el tamaño de la muestra por municipio siguiendo los criterios de afijación proporcional.

Tabla 5
Distribución de Encuestas por Municipio y Subregiones
para el Departamento de Norte de Santander

SUBREGIÓN	MUESTRA POR SUBREGIÓN	MUNICIPIO	MARCO MUESTRAL PARA EL PRER	PORCENTAJE REPRESENTACIÓN	MUESTRA POR MUNICIPIO
Centro	367	Arboledas	1631,4	19,8%	73
		Cucutilla	1763,6	21,5%	79
		Gramalote	711,2	8,7%	32
		Lourdes	489,4	6,0%	22
		Salazar	1447,2	17,6%	65
		Santiago	814	9,9%	36
		Villa Caro	1363,3	16,6%	61
Norte	377	Bucarasica	946	4,8%	18

SUBREGIÓN	MUESTRA POR SUBREGIÓN	MUNICIPIO	MARCO MUESTRAL PARA EL PRER	PORCENTAJE REPRESENTACIÓN	MUESTRA POR MUNICIPIO
Occidental	380	El Tarra	2921,2	15,0%	56
		Sardinata	5170,8	26,5%	100
		Tibú	10482,3	53,7%	202
		Abrego	4797,3	14,9%	57
		Cachirá	2304,5	7,2%	27
		Convención	4061,7	12,6%	48
		El Carmen	3945,3	12,3%	47
		Hacarí	2237,8	7,0%	26
		La Esperanza	2449,6	7,6%	29
		La Playa	2183,4	6,8%	26
		Ocaña	2720	8,5%	32
		San Calixto	3098,8	9,6%	37
		Teorama	4353,8	13,5%	51
Oriental	370,0	Cúcuta	5351	52,6%	195
		El Zulia	2313,4	22,7%	84
		Los Patios	564,1	5,5%	21
		Puerto Santander	95,2	0,9%	3
		San Cayetano	926,4	9,1%	34
		Villa del Rosario	920,3	9,0%	33
		Cácota	334,3	5,0%	18
Sur occidental	363	Chitagá	2635	39,7%	144
		Mutiscua	1007,8	15,2%	55
		Pamplona	736,7	11,1%	40
		Pamplonita	972,4	14,6%	53
		Silos	955,8	14,4%	52
		Bochalema	1225,9	11,3%	42
Sur oriental	371	Chinácota	1461,8	13,5%	50
		Durania	584,9	5,4%	20
		Herrán	540,9	5,0%	19
		Labateca	1324,8	12,2%	45
		Ragonvalia	753,8	7,0%	26
		Toledo	4944,5	45,6%	169
		TOTAL	2228	40	87542

En el caso de los sectores CIO, se tomó otro criterio para la afijación de tipo óptimo considerado como estratos los hogares rurales con uso industrial, comercial y oficial. Los porcentajes para la afijación óptima con su respectivo tamaño muestral considerado se relacionan en la Tabla 6. Una distribución de la muestra para los sectores CIO y que incluye municipios y subregiones puede verse en el Anexo II.

Tabla 6
Afijación óptima de Hogares con usos para los sectores CIO

Sector	Marco	%	Muestra	%
Industrial	317	14.52	24	10.91
Comercial	798	36.56	106	48.18
Oficial	1068	48.92	90	40.91
Totales	2183	100.00	220	

6. Estimadores

El estimador total de la característica X

$$\hat{X} = \sum_h \sum_i \sum_j \sum_k F_{gHijk}^u \left(\sum_l X_{ghijkl}^u \right) + \sum_h \sum_i \sum_k F_{hgik}^R \left(\sum_l X_{ghikl}^R \right)$$

Donde:

F_{gHijk}^u = Factor de expansión de la k-ésima vivienda en la j-esima USM de la i-ésima UPM en el h-ésimo municipio para la g-ésima Sub Región en el área más ruralizada.

X_{ghijkl}^u = Valor observado de la característica de interés X en la l-ésima entrevista de la k-ésima vivienda en la j-ésima USM de la i-ésima UPM en el h-ésimo municipio para la g-ésima Sub Región en el área más ruralizada.

F_{hgik}^R = Factor de expansión de la k-ésima vivienda en la i-ésima UPM del h-ésimo municipio para la g-ésima Sub Región en el área menos ruralizada.

X_{ghikl}^R = Valor observado de la característica de interés X en la l-ésima entrevista de la k-ésima vivienda en la i-ésima UPM del h-ésimo municipio para la g-ésima Sub Región en el área menos ruralizada.

Las estimaciones de la desviación estándar (D.E), Coeficiente de Variación (C.V) y el Efecto del Diseño (Deff) se calculan mediante la siguientes formulas:

$$D.E. = \sqrt{\hat{V}(\hat{\theta})}$$

$$C.V. = \frac{\sqrt{\hat{V}(\hat{\theta})}}{\hat{\theta}}$$

$$DEFF. = \frac{\sqrt{\hat{V}(\hat{\theta})}}{\sqrt{\hat{V}(\hat{\theta})_{mas}}}$$

Donde:

$\hat{\theta}$ es el estimador poblacional de θ

$\hat{V}(\hat{\theta})_{mas}$ = Estimador de la varianza bajo muestreo aleatorio simple (mas).

Finalmente el intervalo de confianza del 95% está construido bajo la siguiente fórmula:

$$I_{1-\varepsilon} = \left(\hat{\theta} - 1.96 \sqrt{\hat{V}(\hat{\theta})}, \hat{\theta} + 1.96 \sqrt{\hat{V}(\hat{\theta})} \right)$$

Donde el nivel de significancia es 0,05.



7. Referencias

Aliaga, A. (1981). Diseños muestrales. Lima: CEPAL. vol. 12.

Banco Mundial (Documento en Línea). Access to electricity, rural (% of rural population). Disponible en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/EG.ELC.ACCS.RU.ZS>

Cochran, W. G. (2007). Sampling techniques. John Wiley & Sons.

Departamento Nacional de Planeación. (2014). Ficha de Caracterización Territorial Departamento Norte de Santander. Obtenido de <https://www.dnp.gov.co/programas/desarrollo-territorial/Paginas/Fichas-Characterizacion-Territorial.aspx>

ONU (2008) diseños de encuestas para muestreo de hogares naciones unidas: Directrices prácticas. Editorial naciones Unidas Nueva York

PNUD -Programa de las Naciones Unidas Para el Desarrollo. (2011). Informe Nacional de Desarrollo Humano "Colombia Rural: Razones para la Esperanza". Bogotá D.C: PNUD COLOMBIA. Obtenido de http://www.undp.org/content/dam/colombia/docs/DesarrolloHumano/undp-co-ic_indh2011-parte1-2011.pdf

Plan de Desarrollo para el Norte de Santander 2016 2019 (On line. Disponible en: http://www.sisubregionalns.gov.co/files/sid_Desarrollo_territorial/Plan_de_desarrollo_para_Norte_de_Santander_2016-2019.pdf

Plan de Desarrollo para el Norte de Santander 2016 2019. Disponible en http://www.sisubregionalns.gov.co/files/sid_Desarrollo_territorial/Plan_de_desarrollo_para_Norte_de_Santander_2016-2019.pdf

Silva, N y Bianchini, Z. M (En línea). Determinación del Tamaño de la Muestra para encuestas de hogares en dos etapas considerando el efecto del diseño, disponible en https://scholar.google.es/scholar?q=related:G54HJTBv_KwJ:scholar.google.com/&hl=es&as_sdt=,5

ANEXO I

Distribución del Número de Viviendas en Población Rural y Habitantes por viviendas en cada Municipio

SUBRE.	MUNICIPIO	INDI. DE RUR (IR)	POBLACIÓN 2005			NUMERO DE VIVIENDAS 2005			HABITANTES POR VIVIENDA 2005			POBLACIÓN 2016			NUMERO DE VIVIENDAS 2016			MARC PARA MUE PERS
			CABECERA	RESTO	TOTAL	CABECERA	RESTO	TOTAL	CABECERA	RESTO	TOTAL	CABECERA	RESTO	TOTAL	CABE.	RESTO	TOTAL	
Oriental	Cúcuta	20.5	566244	19299	585543	134700	4672	139372	4.2	4.1	4.2	634276	22104	656380	150884	5351	156235	5351.0
Occidental	Abrego	37.3	14683	17459	32142	2951	3974	6925	5.0	4.4	4.6	17287	21076	38363	3474	4797	8272	4797.3
Centro	Arboledas	38.1	2289	6300	8589	533	1589	2122	4.3	4.0	4.0	2504	6468	8972	583	1631	2214	1631.4
Sur oriental	Bochalema	34.5	2333	4225	6558	738	1152	1890	3.2	3.7	3.5	2524	4496	7020	798	1226	2024	1225.9
Norte	Bucarasia	39.2	549	3958	4507	124	942	1066	4.4	4.2	4.2	595	3975	4570	134	946	1080	946.0
Sur occidental	Cácota	38.2	724	1789	2513	198	451	649	3.7	4.0	3.9	547	1326	1873	150	334	484	334.3
Occidental	Cachirá	38.5	1516	9041	10557	476	2242	2718	3.2	4.0	3.9	1715	9293	11008	538	2304	2843	2304.5
Sur oriental	Chinácota	29.8	9557	5179	14736	2396	1436	3832	4.0	3.6	3.8	11241	5272	16513	2818	1462	4280	1461.8
Sur occidental	Chitagá	42.7	3395	6223	9618	862	1577	2439	3.9	3.9	3.9	3668	6723	10391	931	1704	2635	2635.0
Occidental	Convención	40.4	5975	8043	14018	1860	2428	4288	3.2	3.3	3.3	5085	8211	13296	1583	2479	4062	4061.7
Centro	Cucutilla	36.9	1275	7043	8318	347	1939	2286	3.7	3.6	3.6	1219	6406	7625	332	1764	2095	1763.6
Sur oriental	Durania	37.1	1941	2240	4181	484	674	1158	4.0	3.3	3.6	1791	1944	3735	447	585	1032	584.9
Occidental	El Carmen	44.5	2199	9551	11750	648	2716	3364	3.4	3.5	3.5	2315	11475	13790	682	3263	3945	3945.3
Norte	El Tarra	40.7	3811	6114	9925	962	1686	2648	4.0	3.6	3.7	4499	6475	10974	1136	1786	2921	2921.2
Oriental	El Zulia	34.4	11321	8926	20247	2929	2244	5173	3.9	4.0	3.9	13905	9202	23107	3598	2313	5911	2313.4

Centro	Gramalote	34.1	2934	3299	6233	852	840	1692	3.4	3.9	3.7	2719	2793	5512	790	711	1501	711.2
Occidental	Hacarí	38.8	1084	7032	8116	243	1658	1901	4.5	4.2	4.3	1231	9491	10722	276	2238	2514	2237.8
Sur oriental	Herrán	34.2	1102	3344	4446	197	607	804	5.6	5.5	5.5	1026	2980	4006	183	541	724	540.9
Sur oriental	Labateca	37.2	1291	4485	5776	339	1340	1679	3.8	3.3	3.4	1442	4434	5876	379	1325	1703	1324.8
Occidental	La Esperanza	38.5	1341	9548	10889	307	2253	2560	4.4	4.2	4.3	1742	10381	12123	399	2450	2848	2449.6
Occidental	La Playa	37.5	656	5150	5806	198	1421	1619	3.3	3.6	3.6	640	7913	8553	193	2183	2377	2183.4
Oriental	Los Patios	20.1	65290	2151	67441	15472	535	16007	4.2	4.0	4.2	75206	2268	77474	17822	564	18386	564.1
Centro	Lourdes	34.6	1211	2196	3407	359	502	861	3.4	4.4	4.0	1221	2141	3362	362	489	851	489.4
Sur occidental	Mutiscua	36.3	589	3258	3847	176	1021	1197	3.3	3.2	3.2	531	3216	3747	159	1008	1167	1007.8
Occidental	Ocaña	25.9	78856	11181	90037	19982	3301	23283	3.9	3.4	3.9	89779	9213	98992	22750	2720	25470	2720.0
Sur occidental	Pamplona	25.8	48575	4328	52903	11591	1096	12687	4.2	3.9	4.2	54894	2909	57803	13099	737	13836	736.7
Sur occidental	Pamplonita	36.0	821	3946	4767	273	950	1223	3.0	4.2	3.9	906	4039	4945	301	972	1274	972.4
Oriental	Puerto Santander	26.4	8026	86	8112	1489	11	1500	5.4	7.8	5.4	9677	744	10421	1795	95	1890	95.2
Sur oriental	Ragonvalia	31.2	2763	3994	6757	522	754	1276	5.3	5.3	5.3	2904	3993	6897	549	754	1302	753.8
Centro	Salazar	38.3	3579	5693	9272	951	1589	2540	3.8	3.6	3.7	3757	5185	8942	998	1447	2446	1447.2
Occidental	San Calixto	37.5	1829	8008	9837	310	2168	2478	5.9	3.7	4.0	2185	11446	13631	370	3099	3469	3098.8
Oriental	San Cayetano	35.3	1593	2898	4491	401	791	1192	4.0	3.7	3.8	2143	3394	5537	539	926	1466	926.4
Centro	Santiago	40.1	1187	1475	2662	345	416	761	3.4	3.5	3.5	1381	1463	2844	401	413	814	814.0
Norte	Sardinata	40.8	8018	11407	19425	1862	2579	4441	4.3	4.4	4.4	9224	13396	22620	2142	3029	5171	5170.8
Sur occidental	Silos	38.3	935	4432	5367	262	1254	1516	3.6	3.5	3.5	988	3378	4366	277	956	1233	955.8
Occidental	Teorama	39.9	2187	13105	15292	464	2968	3432	4.7	4.4	4.5	2754	19224	21978	584	4354	4938	4353.8

Norte	Tibú	42.0	11711	18348	30059	3367	5218	8585	3.5	3.5	3.5	13763	22945	36708	3957	6525	10482	10482.3
Sur oriental	Toledo	41.8	4234	11144	15378	1208	3191	4399	3.5	3.5	3.5	4489	12795	17284	1281	3664	4945	4944.5
Centro	Villa Caro	40.6	1771	3236	5007	513	793	1306	3.5	4.1	3.8	1974	3230	5204	572	792	1363	1363.3
Oriental	Villa del Rosario	18.1	66910	3081	69991	16076	725	16801	4.2	4.2	4.2	86633	3911	90544	20815	920	21735	920.3

ANEXO II

Distribución de la muestra por subregiones y municipios para los sectores CIO

SUBREGIÓN	MUNICIPIO	URBANO			RURAL			MARCO PERS	MUESTRA PERS
		INDUSTRIAL	COMERCIAL	OFICIAL	INDUSTRIAL	COMERCIAL	OFICIAL		
Centro	Arboledas	0	13	43	1	3	10	14	1
Centro	Cucutilla	0	15	18	1	3	15	19	1
Centro	Gramalote	1	1	1	0	1	12	13	1
Centro	Lourdes	0	10	14	0	1	7	8	1
Centro	Salazar	2	40	27	14	11	12	37	3
Centro	Santiago	1	23	13	7	2	5	51	4
Centro	Villa Caro	0	6	10	1	1	6	24	2
Norte	Bucarasica	0	2	10	1	2	8	11	1
Norte	El Tarra	0	22	18	2	17	43	102	7
Norte	Sardinata	8	158	31	11	10	19	237	17
Norte	Tibú	6	306	41	12	79	110	554	39
Occidental	Abrego	0	111	21	3	5	50	58	4
Occidental	Cachirá	0	24	16	1	3	28	32	2
Occidental	Convención	0	52	33	2	11	58	156	11
Occidental	El Carmen	0	19	16	3	10	45	93	7
Occidental	Hacarí	0	5	10	1	9	50	60	4
Occidental	La Esperanza	0	0	5	0	10	21	31	2
Occidental	La Playa	0	8	13	1	4	37	42	3
Occidental	Ocaña	23	3166	123	9	87	88	184	13
Occidental	San Calixto	1	6	15	0	19	37	56	4
Occidental	Teorama	0	15	8	1	25	61	87	6
Oriental	Cúcuta	492	18431	698	68	135	45	248	17
Oriental	El Zulia	5	141	27	60	70	46	176	12
Oriental	Los Patios	39	926	54	28	68	15	111	8
Oriental	Puerto Santo	7	396	32	7	18	10	35	2
Oriental	San Cayeta	7	18	14	3	7	5	15	1
Oriental	Villa del Ros	49	1053	69	17	34	7	58	4
Sur occidental	Cácota	1	9	10	5	5	8	18	1
Sur occidental	Chitagá	1	30	22	3	9	18	83	6
Sur occidental	Mutiscua	0	13	16	6	9	9	24	2
Sur occidental	Pamplona	29	1650	80	11	52	42	105	7
Sur occidental	Pamplonita	1	16	24	4	6	11	21	1
Sur occidental	Silos	0	18	21	2	7	14	23	2
Sur oriental	Bochalema	6	72	19	5	11	8	24	2
Sur oriental	Chinácota	5	291	32	7	19	20	46	3
Sur oriental	Durania	0	19	15	2	1	23	26	2
Sur oriental	Herrán	0	9	17	0	1	6	7	0
Sur oriental	Labateca	0	17	19	2	4	16	22	2
Sur oriental	Ragonvalia	1	22	14	2	4	8	14	1
Sur oriental	Toledo	1	100	30	14	25	35	205	14
Totales					317	798	1068	3130	220

METODOLOGÍA DEL PLAN DE MEDICIÓN

PLAN DE ENERGIZACIÓN RURAL SOSTENIBLE PARA NORTE DE SANTANDER



UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA
2018

METODOLOGÍA DEL PLAN DE MEDICIÓN

Documentación y análisis:

Grupo de investigación y desarrollo en microelectrónica aplicada
(GIDMA)

Ing. Luis Fernando Bustos Márquez

Ing. Migan Giuseppe Galbán Pineda

Ing. Wilmer contreras Sepúlveda

Plan de Energización Rural Sostenible

UNIVERSIDAD FRANCISCO DE PAULA SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE ELECTRICIDAD Y ELECTRÓNICA
SAN JOSÉ DE CÚCUTA

2018

TABLA DE CONTENIDO

1. OBJETIVOS	9
1.1. Objetivo General.....	9
1.2. Objetivos Específicos	9
2. MARCO REFERENCIAL	10
2.1. Marco teórico.....	10
2.1.1. Métodos de muestreo.....	10
2.1.1.1 Trabajo en tensión o con redes energizadas.....	11
2.1.2 Trabajo en redes desenergizadas.....	11
3. METODOLOGÍA DEL PLAN DE MEDICIÓN	13
3.1 Diseño Muestral	13
3.2 Selección del personal de medición.....	14
3.2.1 Criterios de selección del personal de medición.....	14
3.2.2 Personal de medición.....	14
3.3 Planeación del trabajo de campo	15
3.3.1 Análisis de instrumentos de medición	15
3.3.2. Capacitación de técnicos medidores	18
3.3.3. Plan de trabajo de campo	20
3.4. Metodología de medición	24
3.5. Desarrollo del trabajo de campo	25
3.5.1. Acercamiento a la población.....	25
3.6. Procesamiento de la información.....	27
3.6.1. Calidad de las mediciones.....	27
3.6.2. Tratamiento de la información.....	27
4. CONCLUSIONES	29
5. LECCIONES APRENDIDAS	30
6. BIBLIOGRAFÍA	31

Lista de Tablas

Tabla 1. Grupo de medidores.	20
Tabla 2. Municipios asignados a cada grupo de medición.	21
Tabla 3. Programación plan de medición Grupo 1.	21
Tabla 4. Programación plan de medición Grupo 2.	22
Tabla 5. Programación plan de medición Grupo 3.	22
Tabla 6. Programación plan de medición Grupo 4.	22
Tabla 7. Cronograma de supervisión del plan de medición.	23



Lista de Figuras

Figura 1. Representación de una muestra como subgrupo.....	10
Figura 2. Identificación de las líneas fase y neutro-medidor de energía monofásico.....	15
Figura 3. Registrador de datos DL160 [2].	16
Figura 4. Pinza amperimétrica del Registrador de datos DL160 [2].	17
Figura 5. Sonda de voltaje del Registrador de datos DL160 [2].....	17
Figura 6. Ubicación de grupos de medición en las subregiones del departamento.....	24



Lista de Anexos

Anexo 01. Informe de medición 32



GLOSARIO

Área Rural o Resto Municipal (R): Se caracteriza por la disposición dispersa de viviendas y explotaciones agropecuarias existentes en ella. No cuenta con un trazado o nomenclatura de calles, carreteras, avenidas, y demás. Tampoco dispone, por lo general, de servicios públicos y otro tipo de facilidades propias de las áreas urbanas.

Cabecera Municipal (CM): Es el área geográfica que está definida por un perímetro urbano, cuyos límites se establecen por acuerdos del Concejo Municipal. Corresponde al lugar en donde se ubica la sede administrativa de un municipio.

Ministerio de Minas y Energía (MME): El MME es una entidad pública de carácter nacional, cuya responsabilidad es la de administrar los recursos naturales no renovables del país asegurando su mejor y mayor utilización; la orientación en el uso y regulación de los mismos, garantizando su abastecimiento y velando por la protección de los recursos naturales del medio ambiente.

Plan de Energización Rural Sostenible (PERS): Los Planes de Energización Rural Sostenible departamentales o regionales, denominados PERS, son planes estructurados a partir de un análisis de los elementos regionales relevantes en materia de emprendimiento, productividad y energización rural que permiten identificar, formular y estructurar lineamientos y estrategias de desarrollo energético rural así como proyectos integrales y sostenibles de suministro y aprovechamiento de energía para un período de mínimo 15 años, donde no solamente su objeto sea proveer el servicio, sino que apoyen el crecimiento y el desarrollo de las comunidades rurales de las regiones objetivo.

Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial para la Paz (PDET): El Programa de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET) es un proceso de construcción y participación a 10 años, que va a reflejar la visión colectiva de los actores del territorio. El objetivo de los PDET es lograr la transformación estructural del campo y el ámbito rural, un relacionamiento equitativo entre el campo y la ciudad, asegurando: El bienestar de la población, protección

de la riqueza pluriétnica y multicultural, desarrollo e integración de las regiones abandonadas y golpeadas por el conflicto, desarrollo de la economía campesina, entre otros.

Unidad de Planeación Minero Energética (UPME): La UPME es una Unidad Administrativa Especial del orden Nacional, de carácter técnico, adscrita al Ministerio de Minas y Energía, cuyo objetivo es planear en forma integral, indicativa, permanente y coordinada con las entidades del sector minero energético el desarrollo y aprovechamiento de los recursos energéticos y mineros.

Sistema Interconectado Nacional (SIN): Artículo 11 de la Ley 143 de 1994 “Sistema compuesto por los siguientes elementos conectados entre sí: Las plantas y equipos de generación, la red de interconexión, las redes regionales e interregionales de transmisión, las redes de distribución y las cargas eléctricas de los usuarios”.

Usuario del servicio de energía eléctrica (Usuario): Persona natural o jurídica que se beneficia con la recepción de un servicio público (en este caso energía eléctrica). También denominado consumidor.

Vivienda (V): De acuerdo con la definición del DANE, es un espacio independiente y separado con áreas de uso exclusivo, habitado o destinado a ser habitado por una o más personas



pers
NORTE DE SANTANDER

INTRODUCCIÓN

El análisis de la calidad del servicio de energía eléctrica en las zonas rurales del departamento Norte de Santander es uno de los principales objetivos del Plan de Energización Rural Sostenible (PERS). Para esto, se debía caracterizar el servicio de energía eléctrica mediante la toma de medidas de variables eléctricas asociadas a la calidad de la potencia eléctrica, en este caso, suministrada a los usuarios en las zonas rurales. En este sentido, se realizó una revisión de los resultados obtenidos en el análisis de la calidad del servicio de otros PERS en Colombia, se contó con el asesoramiento de la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) y del Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas No Interconectadas (IPSE) y se contó con la asesoría técnica del Grupo de Investigación y Desarrollo en Microelectrónica Aplicada (GIDMA) de la Universidad Francisco de Paula Santander.

El Plan de Medición del PERS-Norte de Santander se sustentó en una metodología basada en seis (6) momentos: Diseño de la muestra de municipios y número de medidas, la selección del personal de medida, la planeación del trabajo de campo, la metodología de medición, el desarrollo del plan de trabajo y el tratamiento de la información. En cada una de las fases se establecieron criterios y protocolos que permitieron llevar a cabo el Plan de Medición.

Como resultado de lo anterior, en la ejecución del Plan de Medición se realizaron mediciones de variables eléctricas en 32 unidades residenciales distribuidas en 15 municipios de las seis (6) subregiones del departamento, con un tiempo promedio de medición de 48 horas y un tiempo de muestreo de 4 segundos para las variables eléctricas.

En este documento se describen los criterios utilizados en cada etapa, los protocolos de seguimiento y supervisión, el desarrollo de las etapas del Plan de Medición del PERS Norte de Santander y las lecciones aprendidas de la ejecución de éste.

1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo General

Diseñar la metodología del Plan de Medición para el Plan de Energización Rural Sostenible (PERS) Norte de Santander, con base en características sociodemográficas y técnicas.

1.2. Objetivos Específicos

- ✓ Recopilar información secundaria con respecto a la cantidad de viviendas sin servicio de energía eléctrica, identificando condiciones técnicas y sociodemográficas para el desarrollo del Plan de Medición.
- ✓ Diseñar la metodología para el Plan de Medición del Plan de Energización Rural Sostenible (PERS) Norte de Santander.
- ✓ Evaluar los procedimientos técnicos asociados a la medición de variables eléctricas en el desarrollo del Plan de Medición del PERS-Norte de Santander.



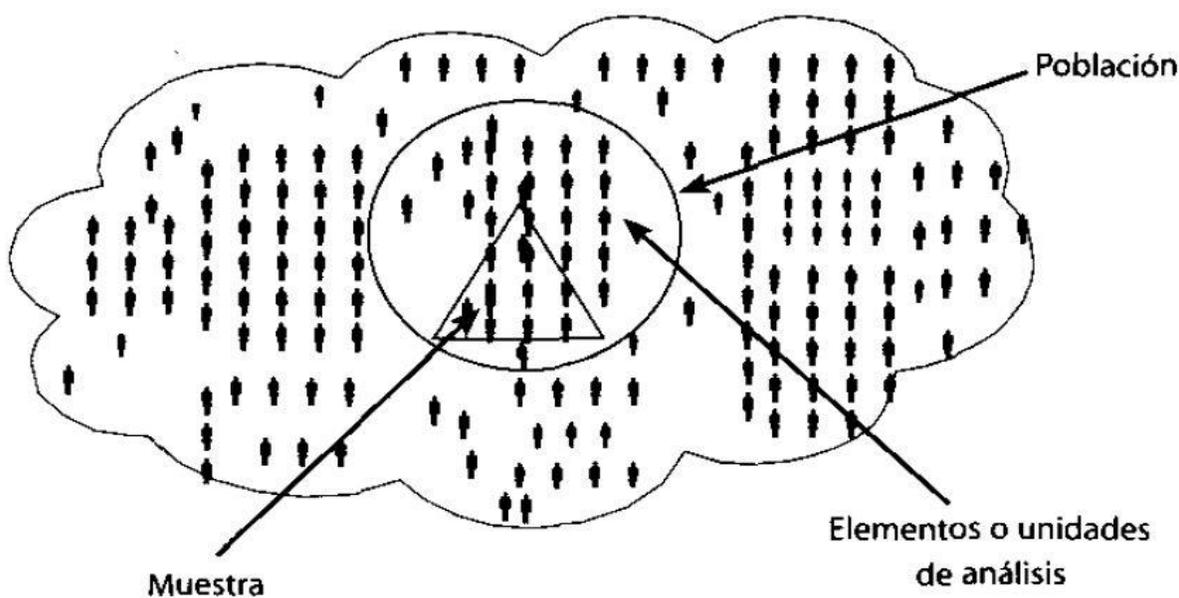
2. MARCO REFERENCIAL

2.1. Marco teórico

2.1.1. Métodos de muestreo

Muestra: Se define como un subgrupo de la población del cual se recolectan los datos y debe ser representativo de dicha población. También se puede definir a la muestra como un subgrupo de elementos que pertenecen a la población (Hernández Sampieri et al., 2006). En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra la representación de una muestra como subgrupo.

Figura 1. Representación de una muestra como subgrupo.



Fuente: Hernández Sampieri, Fernández-Collado, & Baptista Lucio, 2006, p. 241

Muestra probabilística: Subgrupo de la población en el que todos los elementos de ésta tienen la misma posibilidad de ser elegidos y se obtienen definiendo las características de la población y el tamaño de la muestra, por medio de una selección aleatoria o mecánica de las unidades de análisis (Hernández Sampieri et al., 2006).

Muestra no probabilística: Es el subgrupo en el que la población se divide en segmentos y se selecciona una muestra para cada segmento. La estratificación aumenta la precisión de la muestra e implica el uso deliberado de diferentes tamaños de muestra para cada estrato, a fin de lograr reducir la varianza o variabilidad de cada unidad de la media muestral (Hernández Sampieri et al., 2006).

2.1.1.1 Trabajo en tensión o con redes energizadas

El Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE) establece los siguientes métodos de trabajo comunes para proteger al operario y el nivel de tensión:

- a. **Trabajo a distancia:** El operario ejecuta el trabajo con ayuda de herramientas montadas en el extremo de pértigas aislantes.
- b. **Trabajo a contacto:** El operario debe aislarse del conductor en el que trabaja y de los elementos tomados como tierra por medio de elementos de protección personal, dispositivos y equipos aislantes.
- c. **Trabajo a potencial:** En este el operario queda al potencial de la línea de transmisión en la cual trabaja, mediante vestuario conductivo.

2.1.2 Trabajo en redes desenergizadas

Para realizar trabajos en redes desenergizadas el RETIE, propone lo siguiente:

- a. Efectuar el corte visible de todas las fuentes de tensión.
- b. Condenación o bloqueo, si es posible, de los aparatos de corte.
- c. Verificar la ausencia de tensión en cada una de las fases.
- d. Puesta a tierra y en cortocircuito de todas las posibles fuentes de tensión que incidan en la zona de trabajo.
- e. Señalizar y delimitar la zona de trabajo.

2.2 Marco Legal

Norma Técnica Colombiana 2050 (NTC 2050) [1]: Normas de instalaciones eléctricas y metodología para proyección de demanda energética. Es la materialización de las necesidades nacionales en aspectos de seguridad para las instalaciones eléctricas en construcciones, basadas en parámetros aplicados y validados mundialmente, los cuales garantizan al usuario una utilización segura y confiable de las instalaciones eléctricas.

Norma CENS [2], [3]: Normas de instalaciones eléctricas y metodología para proyección de demanda energética. Es la norma creada por la empresa Centrales Eléctricas del Norte De Santander S.A. E.S.P., basándose en la RETIE, con el fin de establecer requerimientos para toda instalación eléctrica del sistema de distribución, transformación y uso final de la energía eléctrica relacionada con CENS.

Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas (RETIE): Normas de instalaciones eléctricas. En este reglamento se establecen los requisitos en instalaciones eléctricas que garantizan la protección de la vida contra riesgos de origen eléctrico.

Plan de Energización Rural Sostenible



pers
NORTE DE SANTANDER

3. METODOLOGÍA DEL PLAN DE MEDICIÓN

3.1 Diseño Muestral

Para determinar los lugares y el número de mediciones, se realizó un muestreo no probabilístico, debido a que factores como: El tiempo de ejecución del Plan de Medición, la aceptación por parte de los encuestados para realizar mediciones, el tiempo de desplazamiento entre lugares y el número de equipos disponibles; delimitaban el número máximo de mediciones que podían realizarse. A continuación, se describen los criterios para la selección de los lugares de medición y el número de mediciones.

3.1.1 Criterios para la selección de lugares

Los criterios tomados para la selección de lugares de medición y municipios se basaron en el desarrollo del Plan de Encuesta del PERS-Norte de Santander y las siguientes características sociodemográficas y logísticas:

- Limitación de tiempo para el Plan de Medición: un (1) mes. Este criterio se basa en el tiempo de préstamos de los registradores de datos.
- Los municipios y lugares seleccionados debían estar contenidos en el Plan de Encuesta del PERS-Norte de Santander.
- Accesibilidad, distancia y tiempo de desplazamiento entre los lugares de medición.
- Índice de seguridad de los municipios y veredas.
- Facilidad de hospedaje para los técnicos medidores.

3.1.2 Criterios para determinar el número de mediciones

Los siguientes criterios denotan los aspectos técnicos que delimitaron el número de mediciones:

- Duración de la medición en el lugar (tiempo de registro de datos): 48 horas (dos días).
A partir del momento de la instalación del equipo.

- Tiempo de muestreo de variables eléctricas: 4 segundos.
- Tiempo de desplazamiento entre veredas: 1 día.

Con base en lo anterior y tomando en cuenta los aspectos mencionados anteriormente y aquellos encontrados en campo, durante el Plan de Encuesta, se determinó un número de ocho (8) mediciones para cada uno de los cuatro (4) técnicos medidores. Los criterios de selección del personal de medición se enuncian en el siguiente apartado.

3.2 Selección del personal de medición

3.2.1 Criterios de selección del personal de medición

Para la selección del personal de medición, el PERS Norte de Santander enfatizó en las siguientes características:

- Ser técnico en electricidad o electrónica, o ser estudiante como mínimo de séptimo semestre (VII) del Programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad Francisco de Paula Santander, o ser Ingeniero Electrónico o Electromecánico de la UFPS.
- Ser oriundo de un municipio de las subregiones del departamento Norte de Santander.
- Demostrar habilidades en la medición de variables eléctricas durante el Plan de Capacitación de Medidores del PERS Norte de Santander.

3.2.2 Personal de medición

Como resultado de lo anterior, se seleccionaron preliminarmente cuatro (4) técnicos medidores con los siguientes perfiles:

- Dos (2) estudiantes de Ingeniería Electrónica que cursaban séptimo (VII) semestre, oriundos de los municipios de Arboledas y Chinácota.
- Dos (2) egresados de Ingeniería Electrónica oriundos de los municipios de Cúcuta y Sardinata.

Estos técnicos medidores aprobaron el Plan de Capacitación para Medidores y mostraron un desempeño apropiado durante las pruebas piloto de mediciones de variables eléctricas.

Asimismo, contaron con el asesoramiento del Grupo de investigación y desarrollo en microelectrónica aplicada (GIDMA) durante el desempeño de sus labores.

3.3 Planeación del trabajo de campo

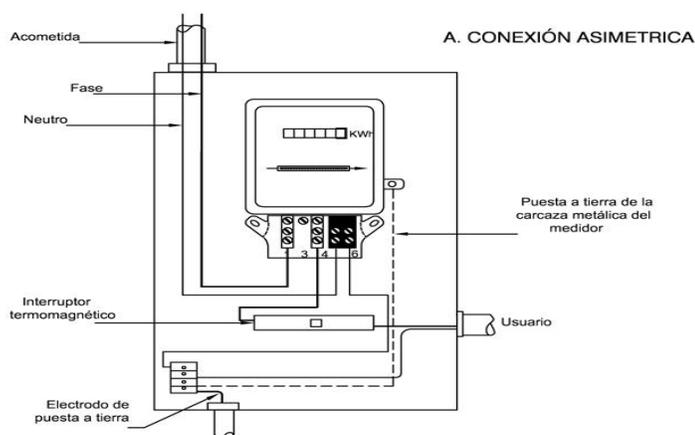
3.3.1 Análisis de instrumentos de medición

En esta sección del documento se describe el manejo del instrumento de medición de variables eléctricas, que consistió en el registrador de datos EXTECH modelo DL160.

- **Identificación de líneas fase y neutro de un medidor de energía monofásico bifilar.**

Los medidores de energía residenciales monofásicos bifilares, tienen una línea de fase y una línea de neutro, la línea de fase que sale del medidor entra a un interruptor automático termomagnético de baja tensión, comúnmente llamado “breaker o cuchilla” y la línea de neutro sigue directamente al tablero general de distribución de la residencia.

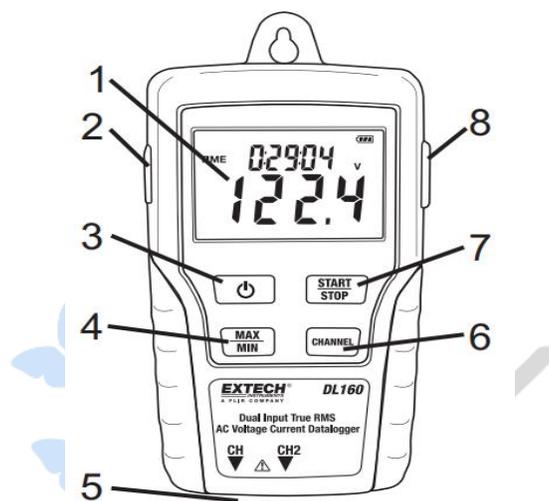
Figura 2. Identificación de las líneas fase y neutro-medidor de energía monofásico [1].



- **Identificación del registrador de datos DL160**

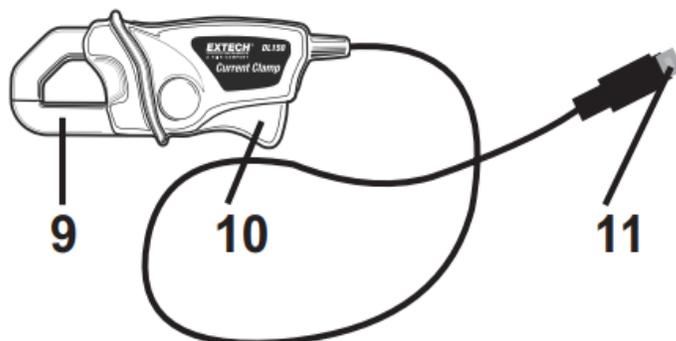
En este apartado se describe como identificar los componentes del registrador de datos DL160.

Figura 3. Registrador de datos DL160 [2].



1. Descripción de la pantalla LCD.
2. Enchufe adaptador CA.
3. Botón ON/OFF.
4. MAX/MIN. Presiona una vez para ver el valor máximo de la lectura, una segunda vez para ver el valor mínimo y una tercera para salir del modo MAX/MIN, si no se presiona nada se saldrá del modo automáticamente en 10 segundos.
5. Enchufes de entrada CH.
6. CANAL. Selecciona el canal **CH1** o **CH2** para visualizar en la pantalla LCD.
7. INICIO/PARO. Inicia o detiene la toma de datos.
8. Conector USB.

Figura 4. Pinza amperimétrica del Registrador de datos DL160 [2].

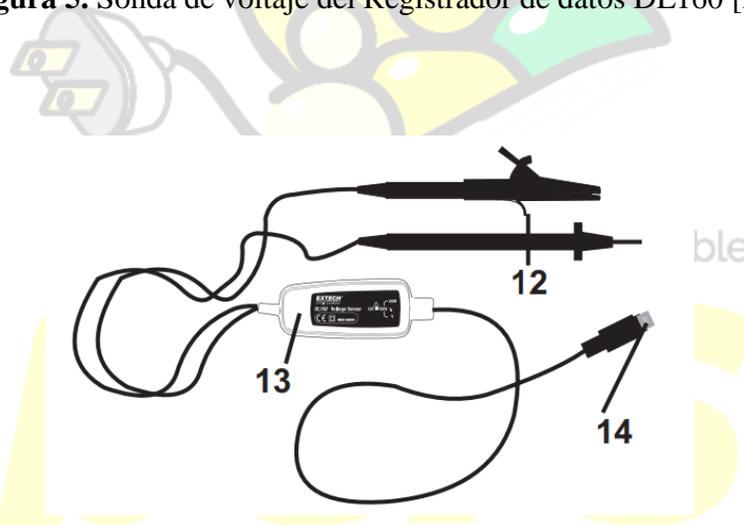


9. Pinza amperimétrica para corriente.

10. Gatillo de la apertura de quijada

11. Clavija CH

Figura 5. Sonda de voltaje del Registrador de datos DL160 [2].



12. Sonda o caimán de voltaje

13. Módulo de voltaje

14. Clavija CH

- **Configuración y conexión del registrador de datos DL160.**

En esta sección se describe como realizar la configuración y conexión del registrador de datos.

1. Instale baterías nuevas o conecte el cargador de CA.
2. Configure el registrador de datos DL160 con el software suministrado
3. Encienda el registrador de datos DL160.
4. Interrumpa el flujo de corriente hacia la residencia, dejando en modo “OFF” el interruptor termomagnético que se encuentra aguas abajo del medidor de energía.
5. Verifique con un Voltímetro la ausencia de voltaje, aguas abajo del interruptor termomagnético.
6. Conecte la clavija CH de la sonda para voltaje o alicates cocodrilo al CH1 del registrador de datos DL160; instale el caimán de Voltaje a la línea de fase aguas abajo del interruptor termomagnético e instale la sonda de COM en la línea neutro del circuito residencial.
7. Conecte la clavija CH de la pinza amperimétrica al CH2 del registrador de datos DL160; presione el gatillo de la pinza para abrirla y rodear la línea de fase que se encuentra aguas abajo del interruptor termomagnético.
8. Mantenga presionado 4 segundos el botón START/STOP y verifique que aparece el icono REC en la pantalla LCD. Mientras este encendido el icono REC el registrador de datos DL160 estará almacenando datos. Para detener la toma de datos, mantenga presionado el botón START/STOP durante 4 segundos y verifique que en la pantalla desaparezca el icono REC.
9. Para iniciar un nuevo registro se debe descargar todos los registros a un PC.

3.3.2. Capacitación de técnicos medidores

En esta sección se describe la metodología planteada para capacitar de forma práctica y teórica, al personal del plan de medición del Proyecto de Energización Rural Sostenible (PERS) Norte de Santander. La metodología para la capacitación en electricidad para el

personal del plan de medición del PERS Norte de Santander estuvo compuesta, principalmente, por dos fases:

Primera fase Aprestamiento: Fundamentación teórica en energía eléctrica y consumo e identificación de dispositivos y equipos.

Segunda fase Actividades teórico-prácticas para la toma de datos: Desarrollo de actividades teórico-prácticas acerca de los equipos eléctricos que se usarán durante las encuestas y mediciones correspondientes para la caracterización de equipos de consumo eléctrico.

I- Primera fase: Aprestamiento

Fundamentación teórica en energía eléctrica. Se abordaron los temas acerca de los múltiplos y submúltiplos, las unidades básicas de medición de la energía y potencia eléctrica, diferenciación de estas, equipos que permiten la medición de energía eléctrica, similitudes y diferencias entre potencia y energía, sistemas de distribución eléctrico, entre otros. Esto permitirá que el personal de medición adquiera las habilidades que son necesarias para el abordaje de las demás temáticas del plan de capacitación.

Para ello se realizó un taller que contenga preguntas, ejercicios y problemas acerca de los temas anteriormente mencionados.

Facturas de energía: Se desarrolló un documento instructivo sobre la lectura de los principales parámetros de una factura de energía eléctrica, la distribución de la información, los componentes de esta, e información de interés, que es necesario capturar durante el desarrollo de la medición.

Fuentes No Convencionales de Energía Renovable (FNCER): En este apartado se desarrolló la temática acerca de los diferentes sistemas de energía renovable que incluye las características principales y modo de operación de las fuentes no convencionales de energía

renovable: Energía Solar Fotovoltaica, Energía Eólica, Biomasa y Pequeñas Centrales Hidroeléctricas (PCH).

Caracterización e identificación de electrodomésticos comunes: En esta sección se abarcaron la caracterización, identificación y lectura de datos de variables eléctricas de los electrodomésticos comunes que son consultados en las encuestas a nivel residencial, industrial, comercial e institucional.

II- Segunda fase: Actividades teórico-prácticas para la toma de datos

Con base en los instrumentos de medición a utilizar se abordaron los siguientes temas: Tipo de instrumento de medida, funciones del instrumento de medición, apropiación de la hoja de datos del instrumento de medición, inicialización y configuración del instrumento de medición, utilización del instrumento de medición, desconexión del instrumento de medición, recomendaciones acerca del almacenamiento y transporte de los instrumentos de medición, lectura de placas y etiquetas de características eléctricas y normas de seguridad para mediciones eléctricas residenciales.

Adicionalmente, se desarrollaron dos (2) prácticas de medición de equipos de consumo eléctrico. La primera de ellas constó de la explicación acerca de la utilización y medición de equipos de consumo eléctrico. La segunda, consistió en una práctica evaluativa acerca de la medición de equipos de consumo eléctrico, en la que el personal de medición puso a prueba los conocimientos adquiridos.

3.3.3. Plan de trabajo de campo

→ Grupos de medición

En la Tabla 1, se relacionan los datos de los técnicos responsables de ejecutar el plan de medición y el grupo al que corresponden. Se conformaron 4 grupos de medición.

Tabla 1. Grupos de medidores

Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
Responsable: Ing. Electrónico 1	Responsable: Estudiante 1	Responsable: Ing. Electrónico 2	Responsable: Estudiante 2

En la Tabla 2, se relacionan los municipios en los que se realizarán mediciones para cada uno de los grupos.

Tabla 2. Municipios asignados a cada grupo de medición.

No.	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4
1	Chitagá	Cúcuta	Abrego	Arboledas
2	Pamplona	San Cayetano	La Playa	Salazar
3	Toledo	Chinácota	Sardinata	Cucutilla
4		Bochalema	Esperanza	Bucarasica

→ **Programación del Plan de Medición**

En las siguientes tablas se presenta la programación para cada grupo. Las actividades se desarrollaron entre los meses de octubre y noviembre, se contó con la supervisión de dos (2) Ingenieros expertos en mediciones de variables eléctricas.

Tabla 3. Programación Plan de Medición-Grupo 1

Municipio	Vereda	Fecha	Supervisor
Pamplona	Sabana Alta	Octubre 11 y 13	
	Jurado	Octubre 14 y 16	
Chitagá	Bartaqui	Octubre 18 y 20	Ing. Mauricio Sequeda
	Burgua	Octubre 21 y 23	
Toledo	San Javier	Octubre 25 y 27	
	El Naranjo	Octubre 28 y 30	

Tabla 4. Programación Plan de Medición-Grupo 2

Municipio	Vereda	Fecha	Supervisor
Cúcuta	Tonchalá	Octubre 11 y 13	Ing. Mario Yesit
San Cayetano	Urimaco	Octubre 14 y 16	Ing. Mario Yesit
	Iscalá Centro	Octubre 18 y 20	
Chinácota	Manzanares	Octubre 21 y 23	Ing. Mauricio Sequeda
	El Talco	Octubre 25 y 27	

Tabla 5. Programación Plan de Medición-Grupo 3

Municipio	Vereda	Fecha	Supervisor
Sardinata	Caldasía	Octubre 11 y 13	
	Abejales	Octubre 14 y 16	
Ábrego	Llano Alto	Octubre 18 y 20	Ing. Mario Yesit
	La Curva	Octubre 21 y 23	

La Playa	Montelargo	Octubre 25 y 27
	El Tabacal	Octubre 28 y 30
La Esperanza	La Unión	Noviembre 1 y 3
	Villa María	Noviembre 4 y 6

Tabla 6. Programación Plan de Medición-Grupo 4

Municipio	Vereda	Fecha	Supervisor
Arboledas	La Antigua	Octubre 17 y 19	Ing. Mauricio Sequeda
	Guacamaya	Octubre 20 y 22	
Cucutilla	Llano Carillo	Octubre 24 y 26	Ing. Mauricio Sequeda
	Peñoncito	Octubre 27 y 29	
Salazar	Campo Nuevo	Octubre 31 y Noviembre 2	Ing. Mario Yesit
	Montecristo	Noviembre 3 y 5	
Bucarasica	Alto	Noviembre 7 y 9	Ing. Mario Yesit
	La Provincia	Noviembre 10 y 12	

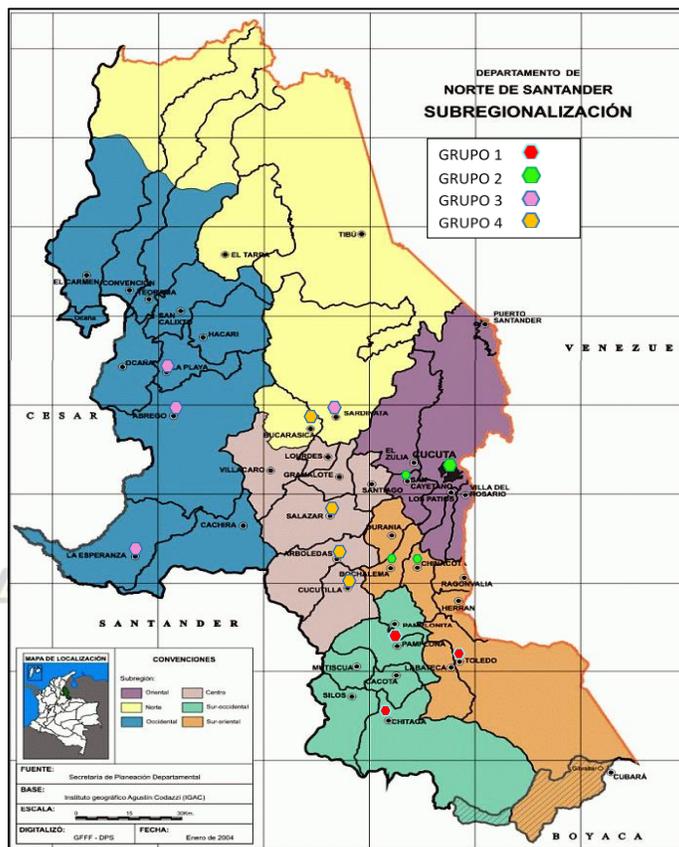
Con el propósito de realizar tareas de acompañamiento, asesoramiento y supervisión, se realizó el cronograma de supervisión que se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7. Cronograma de supervisión del Plan de Medición

Municipio	Grupo	Fecha de Supervisión
Pamplona	Grupo 1	Octubre 11-13
Chinácota	Grupo 2	Octubre 18-20
Ábrego	Grupo 3	Octubre 21-23
Cucutilla	Grupo 4	Octubre 27-29

En la figura 6, se muestra el mapa de Subregiones del departamento Norte de Santander con la ubicación de los municipios a medir por grupo.

Figura 6. Ubicación de grupos de medición en las subregiones del departamento



3.4. Metodología de medición

A continuación, se describe la metodología para la toma de mediciones:

- Inicialmente se realiza una inspección visual de la acometida, desde el medidor hasta el tablero de distribución del usuario.
- Con previo permiso de los habitantes de la vivienda, se desconecta toda la carga y se verifica que el medidor de energía no continúe registrando medición alguna. Seguido de esto, se procede a verificar la existencia de corrientes de fuga en la línea de fase y neutro, que van desde el medidor hasta el tablero de distribución. Esto se realiza

tomando los cables de fase y neutro dentro de la pinza amperimétrica del datalogger, donde una medición de cero (0) representaría la ausencia de corrientes de fuga.

- A continuación, se instala el datalogger, conectando la salida de la sonda de voltaje en el canal 1 del datalogger y los caimanes de la sonda son conectados a las líneas de fase-neutro de la salida del medidor de energía o la entrada del tablero de distribución. A continuación, se abre la pinza amperimétrica de la sonda de corriente para tomar la línea de fase de la instalación residencial y la salida de la pinza se conectan al canal 2 del datalogger.
- Se enciende el datalogger y se comprueba la medición de voltaje y corriente. Además, se constata que se encuentra configurado para almacenar información cada 4 segundos.
- Se verifica que el instrumento no quede expuesto a la lluvia, ni al alcance de niños.
- Después de 48 horas se regresa a la vivienda y se verifica que el instrumento almacenó la información. En caso de que esto no ocurra se verifica el estado de la instalación del equipo de medición y sus baterías, y se repite la medición.
- Se constata en presencia de los moradores de la vivienda, el normal funcionamiento de los electrodomésticos y lámparas de la vivienda.

3.5. Desarrollo del trabajo de campo

3.5.1. Acercamiento a la población

Para el desarrollo del trabajo de campo se socializó con los técnicos-medidores el protocolo de acercamiento a la población en la que realizarían sus labores, el cual se describe a continuación:

Protocolo de acercamiento a la población:

1. El personal de medición debía presentarse en el despacho del alcalde correspondiente a cada municipio asignado en el cronograma. Radicando la carta de presentación y solicitando la autorización o visto bueno para el proceso de instalación del equipo de medición (Datalogger).

2. Posterior a la obtención de la autorización, se recomendó dirigirse a la Oficina de Desarrollo Comunitario Rural y/o Social para solicitar los números de contacto de cada presidente de Junta de Acción o líder Comunitario de las veredas asignadas.
3. Establecer contacto telefónico con cada uno de los líderes de las veredas y explicar el proceso de instalación del equipo de medición, duración y ventajas de este.
4. De manera conjunta con cada líder, seleccionar la vivienda en donde se realizará la instalación y el posterior aviso a la comunidad.
5. Establecer contacto telefónico con la persona a cargo de la vivienda seleccionada para acordar la hora y fecha del proceso de instalación.
6. En caso de desplazarse a zonas con alteración del orden público, presentarse con antelación a la Inspección de Policía con jurisdicción en cada municipio, con el objetivo de recibir instrucciones e información de interés en la movilidad y seguridad de cada sector en las veredas asignadas.
7. Cualquier inquietud respecto al trabajo de campo, debía ser comunicada directamente al Supervisor PERS vía telefónica o mensajería instantánea.
8. Cualquier inquietud respecto al proceso de medición, debía comunicarse directamente al líder del grupo de investigación GIDMA-UFPS.

3.5.2. Fichas de recolección de información

Para la recolección de información del Plan de Medición se desarrolló una ficha de recolección de información, denominada Informe de Medición, cuyo modelo se encuentra en el anexo 01 (Informe de Medición). En este informe de medición, el técnico medidor debía consignar los datos de la medición (incluyendo fecha de inicio y fin, tiempo de muestreo, características del aislamiento de la vivienda y observaciones generales sobre el estado de la instalación eléctrica), datos de la vivienda (registrando los datos del propietario, el contacto, la ubicación y las características ambientales u otras que el medidor considerara) y evidencias fotográficas del trabajo de campo realizado (en esta se debía incluir evidencia de la instalación del equipo de medida y de la ubicación de la vivienda).

3.6. Procesamiento de la información

3.6.1. Calidad de las mediciones

El control de calidad de las mediciones contó con el siguiente protocolo de evaluación:

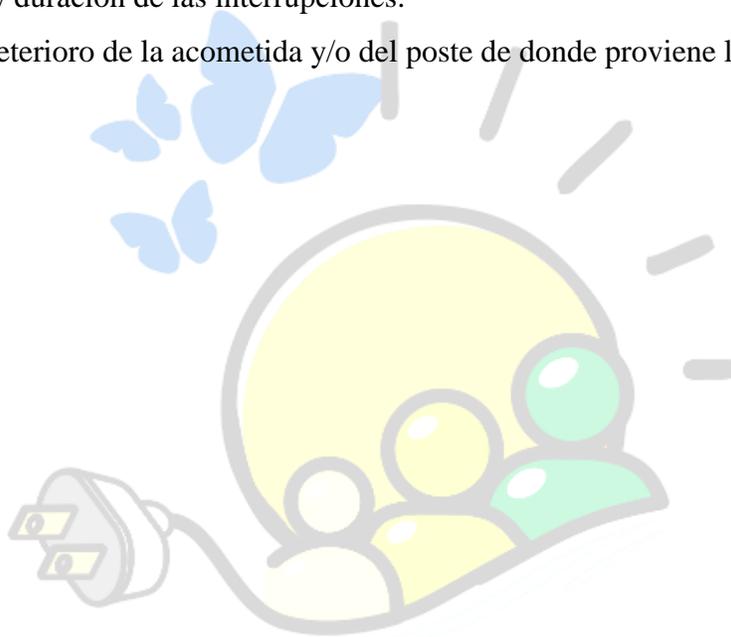
- Al momento de la entrega de los equipos, se revisó el estado de funcionamiento de estos y se compararon los resultados obtenidos mediante pruebas de laboratorio con los encontrados con otro equipo de medición.
- Al desarrollar su tarea de medición, el técnico medidor debía reportar al líder del GIDMA, mediante comunicación escrita, las anomalías encontradas en las instalaciones eléctricas de las residencias a medir y durante la instalación del datalogger.
- Después de descargar la data, el técnico medidor debía reportar cualquier valor extraño en la medición para ser analizado y validado por el GIDMA, de esta manera se tomaban decisiones acerca de cambiar el aparato de medición y repetir la medida o mantener esas mediciones como parte de la data.
- Luego de realizar la entrega de la data al GIDMA, los miembros del grupo de investigación se encargaron de evaluar los valores obtenidos, revisar los tiempos de inicio y fin de la medida, interpretar los datos recolectados con las situaciones reportadas por el técnico medidor y consolidar la información en una base de datos.

3.6.2. Tratamiento de la información

El procedimiento utilizado para el análisis de datos fue el siguiente:

- Representación del comportamiento del voltaje y corriente contra tiempo de medición.
- Tablas con valores máximos y mínimos de voltaje, número de interrupciones y duración de la interrupción. En estas tablas se consigna:
 - a) Ubicación de la vivienda.
 - b) Estado del aislamiento de la instalación (corrientes de fuga).

- c) Valores de voltaje máximo - mínimo y su duración.
- d) Valores pico de corriente y su duración.
- e) Valores pico de voltaje.
- f) Valor promedio de potencia aparente(VA) consumida.
- g) Posibles anomalías presentes en la medición.
- h) Número y duración de las interrupciones.
- i) Posible deterioro de la acometida y/o del poste de donde proviene la acometida.



Plan de Energización Rural Sostenible

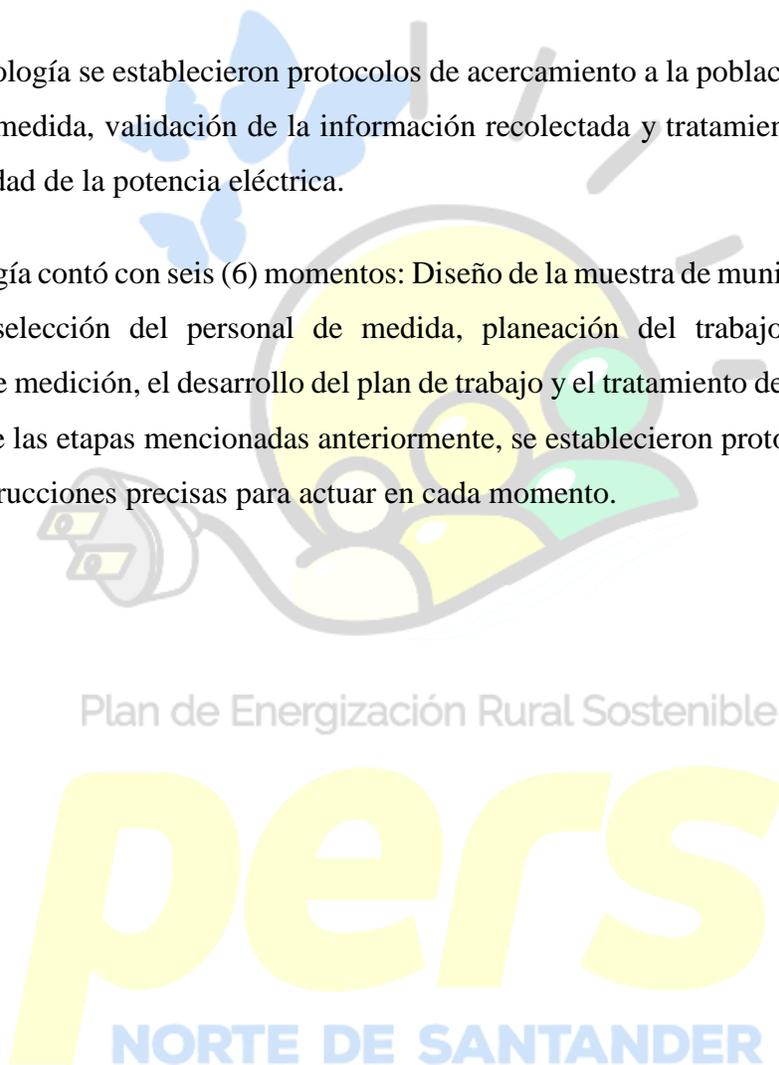
pers
NORTE DE SANTANDER

4. CONCLUSIONES

El desarrollo de la metodología para el Plan de Medición del PERS Norte de Santander permitió dar respuesta oportuna a los inconvenientes obtenidos durante la interacción con los habitantes, los riesgos eléctricos asociados a las instalaciones eléctricas y obtener los datos correspondientes para el análisis de la calidad del servicio de energía eléctrica.

En esta metodología se establecieron protocolos de acercamiento a la población, supervisión de labores de medida, validación de la información recolectada y tratamiento de esta; para evaluar la calidad de la potencia eléctrica.

Esta metodología contó con seis (6) momentos: Diseño de la muestra de municipios y número de medidas, selección del personal de medida, planeación del trabajo de campo, la metodología de medición, el desarrollo del plan de trabajo y el tratamiento de la información. En cada una de las etapas mencionadas anteriormente, se establecieron protocolos de acción que daban instrucciones precisas para actuar en cada momento.



5. LECCIONES APRENDIDAS

Es necesario ejecutar el Plan de Encuesta con mayor antelación al Plan de Medición para facilitar el establecimiento de contacto con las residencias, comercios e industrias que cuenten con la disponibilidad y aceptación para realizar mediciones de variables eléctricas.

Para los próximos Planes de Medición de otros PERS, se requiere un aumento de equipos de medición de variables eléctricas, que además incluyan equipos para conocer mayor cantidad de variables eléctricas y relacionarlas entre ellas (por ejemplo: analizadores de potencia, calidad de energía trifásica y telurómetros). Con estos instrumentos, se puede profundizar en el análisis de factores que afectan la calidad de la potencia eléctrica y establecer criterios para comparar la calidad del servicio que permitan realizar recomendaciones más profundas a los operadores de red.

Para el desarrollo de futuros PERS, se recomienda establecer una muestra probabilística estratificada o por ramos que sea proporcional al número de encuestas a realizar en cada sector y municipio, de manera tal que estas mediciones permitan generalizar los resultados obtenidos de la calidad de la potencia eléctrica para cada zona geográfica de estudio.

6. BIBLIOGRAFÍA

Ministerio Económico y Desarrollo, “NTC 2050,” p. 847, 1998.

Centrales Eléctricas de Norte de Santander, “Norma CENS Tomo I,” pp. 2–4, 2004.

C. eléctricas N. de Santander, “Capítulo 2 Parámetros de Diseño CENS-Norma Técnica - Cns-Nt-02,”.

