



Instituto Especializado
de Estudios Superiores

LOYOLA

REVISTA CIENTÍFICA

ESPORAS

AÑO VI. VOLUMEN II. NÚMERO 8



ESPORAS

Investigación en Ingeniería

Año VI. Volumen II. Número 8. Diciembre de 2023

Es una edición de divulgación de investigaciones en el área de las ingenierías, difundida por el Instituto Especializado de Estudios Superiores Loyola. Registro de Industria y Comercio No. 0124867

Para pedidos y canjes:

Esporas

Instituto Especializado de Estudios Superiores Loyola (IEESL)

Calle Ángel Arias #1, San Cristóbal, República Dominicana

Teléfono: 809-528-4010 | E-mail: investigacion@ipl.edu.do

Equipo editorial

Dirección:

Félix Rafael Rondón Domínguez

Comité editorial:

María Eugenia Fernández

Enelvi Brito

José Andrickson

Claudia Díaz

Mabel Méndez

María Teresa Pabón

Diseño y diagramación:

Comunicación Corporativa y Mercadeo

San Cristóbal, República Dominicana

Diciembre de 2023

ISSN 2409-4412

Índice

	Página
Efecto del control de malezas en postemergencia sobre la densidad de plantas arvenses y el rendimiento de maíz CL-86	4
Análisis de los factores que afectan el uso del crédito agrícola: caso productores de Bayaguana y Monte Plata, República Dominicana	16
Evaluación del efecto de <i>moringa oleifera</i> en los costos de alimentación de conejos en etapa de engorde y la producción de carne	29
Diseño de una microrred eléctrica sostenible aislada del sistema eléctrico interconectado. caso de estudio: Los Arroyitos, Municipio Los Cacaos, San Cristóbal, R.D.	40
Protocolo para el tratamiento de las averías para la mejora del servicio eléctrico del circuito MVIE104 de la ciudad de San Cristóbal	56
Principales factores que afectan el desarrollo y construcción de plantas fotovoltaicas a gran escala interconectadas al sistema eléctrico nacional interconectado (SENI) en la República Dominicana	74
Estudio cualitativo sobre métricas de productividad para equipos de desarrollo en metodologías ágiles: <i>scrum</i>	93
Rediseño de una máquina remachadora industrial para la reducción de scrap y tiempos de paradas en una línea de producción de dispositivos eléctricos	102
Mejora de la eficiencia en laboratorio de I+D para reducción de tiempos y costos a través de la metodología DMAIC	112
Mejora de procesos y reducción de defectos para líneas de ensamble de cables utilizando herramientas de calidad y <i>lean manufacturing</i>	124
Análisis comparativo de tecnologías de acceso LORA y WIFI en agricultura de precisión aplicado en invernadero	140
Diseño de una red de datos comunitaria con posibilidad de generar recursos económicos por publicidad comercial	148

EFFECTO DEL CONTROL DE MALEZAS EN POSTEMERGENCIA SOBRE LA DENSIDAD DE PLANTAS ARVENSES Y EL RENDIMIENTO DE MAÍZ CL-86

Gelphy Cruz¹, Jorge Bautista¹, Roddy García¹, Enelvi Brito¹

¹ Instituto Especializado de Estudios Superiores Loyola, San Cristóbal, R.D.

Autor de correspondencia: ebrito@ipl.edu.do

RESUMEN

El cultivo de maíz CL-86, representa el cultivo de mayor importancia en la Finca Experimental “André Vloebergh”. Sin embargo, el alto costo que supone las compras de los insumos agrícolas y el control de malezas, lo convierte en un modelo de producción no rentable. La investigación fue realizada en la finca experimental “André Vloebergh” en San Cristóbal, República Dominicana y su objetivo fue determinar el mejor herbicida postemergente para el control de malas hierbas, disminución de costos de producción y maximización de beneficios; se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones, las variables evaluadas fueron la densidad de malezas, número de mazorcas comerciales y no comerciales, rendimiento comercial y no comercial, beneficio económico y la relación beneficio/costo (B/C). Los datos se analizaron con el paquete estadístico InfoStat 2020; se aplicó una prueba de separación de medias DMS al 5% para las variables que cumplieron con el supuesto de normalidad; mientras que las variables que no cumplieron fue aplicado un análisis de varianza Kruskal Wallis al 5% de error. Los resultados evidenciaron que la molécula Atrazina + Mesotriona fue el tratamiento que mejor controló las densidades de malezas de las especies *Amaranthus retroflexus* L, *Origanum vulgare* L, *Euphorbia heterophylla* L y *Digitaria ciliaris*, también presentó el menor número de mazorcas no comerciales, mientras que el tratamiento Topramezone presentó mejor relación beneficio/costo, pero no controló maleza de importancia económica (*Amaranthus retroflexus* L).

Palabras clave: Malezas, Maíz-CL-86, Atrazina, Mesotriona, Topramezone, Acetocloro, S-Metolaclo-ro.

INTRODUCCIÓN

El rendimiento promedio de la variedad CL-86, producida en la zona sur de República Dominicana, es de 2000lb/ta de mazorcas para consumo en verde y alrededor de 2.5 qq/ta de semillas. Este cultivo es uno de los más susceptibles a ataques de plagas y presencia de malezas, por lo que el control en el cultivo resulta fundamental para lograr una producción de calidad, puesto que, compite con las plantas arvenses por luz, agua y nutrientes; situación perjudica el rendimiento y la calidad del grano. A pesar de que los métodos de manejo de las malezas son muy variados, uno de los más utilizados es el químico, el cual incluye herbicidas selectivos preemergentes y postemergentes; siendo los primeros, la opción utilizada en la Finca Experimental “André Vloebergh” por tradición, Lara (2022).

Actualmente, se ha presentado un incremento de precios a nivel nacional tanto en fertilizantes como en agroquímicos, debido al alza en los fletes marítimos provenientes de China, el mayor socio comercial de la República Dominicana. Esto ha afectado las importaciones, limitando el abastecimiento de materias primas e incrementando el costo de los insumos, provocando un aumento en los costos de producción agrícola.

Existe incertidumbre respecto a las opciones disponibles en el mercado y tanto los agricultores a gran escala como los pequeños, no tienen un control efectivo de malezas durante este lapso, teniendo que recurrir a la mano de obra, lo que conlleva a un incremento en los costos y una disminución en la rentabilidad del cultivo.

El uso de herbicidas postemergentes es fundamental para evitar la multiplicación de las malezas a lo largo del primer mes del cultivo, debido a que se reduce el rebrote de malas hierbas tales como Pata de gallina (*Digitaria sanguinalis* L.), Coquillo (*Cyperus rotundus* L.), Bledo (*Amarantus retroflexus*), entre otras.

Por tal motivo es fundamental realizar una investigación que permita evaluar y comparar la efectividad en el manejo de malezas, usando diferentes moléculas químicas, y de esta forma determinar el impacto de cada tratamiento en los rendimientos y la correlación costo beneficio del cultivo de maíz (CL-86) en la Finca Experimental “André Vloebergh”.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en la Finca Experimental del Instituto Politécnico Loyola, “André Vloegebergh”, ubicada en Madre Vieja Sur, San Cristóbal, República Dominicana (Figura 1). La recolección de los datos se realizó en 16 parcelas experimentales que ocuparon un área total de 18 m² con una distancia entre parcelas de 1.20 m. Cada una con 40 plantas distribuidas en 5 hileras.



Figura 1. Ubicación de la Finca Experimental “André M. Vloegebergh” en el municipio de San Cristóbal, (IPL, 2017).

El diseño experimental utilizado fue el Diseño de Bloques Completamente Aleatorizado (DBCA) y contó con 3 tratamientos de herbicidas postemergentes y de un testigo relativo que consistió en un control químico preemergente más dos controles manuales con azadas. Cada tratamiento contó con cuatro (4) repeticiones, para un total de 16 parcelas experimentales de 18 m² cada una con 4 m de ancho y 4.5 m de largo.

El marco de plantación utilizado fue de 0.90 m entre hileras y 0.50 metros entre plantas. Se sembraron 3 semillas por golpe y pasados 15 días se llevó a cabo un raleo dejando dos plantas y para conseguir una densidad de siembra de 22,222 plantas por hectáreas. El área total del ensayo fue de 423.36 mts², lo que equivale a 0.042336 hectáreas.

Los tratamientos evaluados fueron: 0) S- Metolacolor (225 ml./200 lts de agua), 1) Topramezone (25 ml./200 lts de agua), 2) Atrazina + Mesotriona (1000 ml./200 lts de agua) y 3) Acetocloro (75 ml./200 lts de agua); las variables evaluadas fueron la densidad de malezas, número de mazorcas comerciales y no comerciales, rendimiento comercial y no comercial, beneficio económico y la relación beneficio/costo (B/C). Ver tabla 1 y 2.

Tabla 1. Variables independientes e indicadores estudiados

Variables	Indicadores
Herbicidas	Se utilizaron 4 herbicidas selectivos. En el tratamiento 0 o testigo relativo, se aplicó S-Metolacolor (Dual Gold) y se hicieron controles culturales, el tratamiento 1 Topramezone (Convey), en el tratamiento 2 Atrazina + Mesotriona (Metriking) y por último el tratamiento 3 Acetocloro (Harness).
Bloques	Se tomaron en consideración los bloques para evaluar los efectos que pudo contener el campo, clima, pendiente y demás factores no controlables, sobre las unidades experimentales. El ensayo contó con 4 bloques.

Tabla 2. Variables dependientes e indicadores estudiados

Variables	Indicadores
Densidad de malezas (D)	Cantidad de malezas de cada especie presentes en un metro cuadrado de terreno (#/m ²).
Mazorcas comerciales	Cantidad de mazorcas de más de 10cm de longitud y con granos libres de daños fitosanitarios. Expresada en unidades/ha.
Mazorcas no comerciales	Cantidad de mazorcas con una longitud menor o igual a 10cm y/o con presencia de daños fitosanitario. Expresado en unidades/ha.
Rendimiento comercial	Peso de mazorcas comerciales divididas entre el área cosechada. Expresada en kg/ha.
Rendimiento no comercial	Peso de mazorcas no comerciales divididas entre el área cosechada. Expresada en kg/ha.

Variables	Indicadores
Rendimiento total	Peso de mazorcas comerciales y no comerciales entre el área cosechada. Expresado en kg/ha.
Beneficios	Ganancias netas obtenidas al restar el costo de producción de los ingresos totales (RD\$/ha)
Relación B/C	Beneficios divididos entre costo de producción.
Total de malezas	Suma del número de malezas por tratamientos.

Para el análisis de los datos se cosecharon las 3 hileras del centro y se dejaron las plantas de la primera y última fila. La densidad de malezas se calculó haciendo un coteo de las plantas presentes en un metro cuadrado de cada parcela experimental, se realizó un coteo antes y después de la aplicación de forma aleatoria; el número de mazorcas comerciales y no comerciales fue colectada 75 días después de la siembra, se midió la longitud y el diámetro de cada mazorca, las mazorcas que tenían 10 cm de longitud y 6 de diámetro y que no presentaban malformaciones o defectos mecánicos, se clasificaron como mazorcas comerciales; el rendimiento comercial y no comercial fue obtenido al pesar por separado las mazorcas comerciales y no comerciales de cada área útil, luego usando regla de tres, se calculó el rendimiento en kg/ha; para los beneficios se comparó los ingresos totales vs la estructura de costo del maíz Compuesto Loyola 86; la relación B/C se determinó a partir del cociente de los beneficios totales entre los costos totales de producción y por último la variable total de malezas es la suma de los promedios de malezas por metro². Los datos obtenidos fueron organizados haciendo uso de una hoja de cálculo de Microsoft Excel, y analizados con el paquete estadístico InfoStat 2020.

Se realizó un cálculo preliminar de las estadísticas descriptivas de cada una de las variables evaluadas; y luego se realizó una prueba de normalidad Shapiro Wills modificada para determinar si las variables cumplían con el supuesto de normalidad. Las variables que cumplieron con el supuesto fueron sometidas a un análisis de varianza paramétrico al 5% de error experimental, en caso de que resultaran estadísticamente significativas, fueron sometidas a una prueba Tukey de separación de medias al 5% de error. Las variables que no cumplieron con el supuesto de normalidad fueron sometidas a la prueba de varianza no paramétrico Kruskal Wallis al 5% de error, la cual incluyó una prueba de separación de medias para las variables que resultaron significativas.

RESULTADOS

Las malezas son uno de los factores que más inciden en la baja producción y rentabilidad de los cultivos, a continuación, se presenta un resumen de los promedios de densidad de malezas colectadas por especie en el ensayo según cada uno de los tratamientos, se puede evidenciar que el mayor promedio de malezas se encuentra donde se aplicó el tratamiento no.1, independientemente del bloque y resultando la maleza *Cyperus rotundus* L como la más ocasional. Ver tabla 3.

Tabla 3. Promedios de densidad de malezas colectadas por especie en el ensayo (# malezas/m²) según tratamientos

Tratamiento	Bloque	<i>Amaranthus viridis</i> L.	<i>Cyperus rotundus</i> L.	<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz.) Koder	<i>Digitaria sanguinalis</i> L.	<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	<i>Sorghum halepense</i> L.	<i>Commelina diffusa</i> Burn. f.	<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	<i>Cynodon dactylon</i> L.	<i>Borreria leavis</i> Lam.	<i>Origanum vulgare</i> L.
1	1	6.7	41.7	0.7	0.0	5.7	7.3	0.0	2.7	2.3	0.0	0.0	0.0
1	2	0.0	13.0	0.0	0.0	0.0	17.0	5.7	2.3	28.3	0.0	0.0	0.0
1	3	1.7	23.7	1.7	0.0	0.0	32.0	1.0	0.0	12.0	0.0	0.7	0.0
1	4	1.3	6.0	0.3	0.0	0.0	25.3	5.7	1.3	19.0	0.0	0.0	0.0
2	1	0.3	5.7	2.0	0.0	0.0	0.0	4.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	2	0.0	13.7	0.0	0.0	0.0	0.0	4.0	0.3	0.0	0.3	0.0	0.0
2	3	0.0	6.3	1.0	0.0	0.0	0.0	3.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2	4	0.0	5.0	0.0	0.7	0.0	2.3	0.7	1.7	0.0	0.0	0.0	0.0
3	1	2.0	5.7	3.3	5.7	0.0	32.3	6.7	0.3	5.0	0.0	0.0	6.0
3	2	1.7	11.7	3.7	6.7	1.7	21.3	6.0	0.7	6.0	0.0	3.3	7.0
3	3	1.3	13.0	4.0	1.7	3.0	13.0	9.0	1.3	0.0	0.0	0.0	21.7
3	4	1.7	3.3	2.0	4.3	0.3	9.7	4.7	3.7	2.0	0.0	1.3	5.0
0	1	3.7	8.0	3.0	1.0	5.3	11.0	11.3	0.7	7.0	0.0	0.0	0.0
0	2	0.0	17.3	2.3	4.7	0.3	12.0	6.3	1.3	5.7	0.0	0.0	1.0
0	3	0.0	5.0	1.3	0.3	5.0	10.7	2.7	1.3	11.7	0.0	0.0	0.3
0	4	2.0	3.7	1.3	1.3	5.3	6.3	2.7	2.3	9.0	0.0	0.0	0.0

La tabla 4 muestra que el mayor número de mazorcas comerciales en promedio se encuentran en los tratamientos 2 y 3, obteniendo 14,506.25 y 14,197.5 mazorcas respectivamente; los herbicidas utilizados fueron Topramezone y Atrazina + Mesotriona, ambos aplicado a los 25 días después de la siembra; sin embargo, la mejor relación beneficio/costo (0.90) la mostró el tratamiento 1 en el bloque 1, al igual que el rendimiento total en kg/ha (6,958). Ver tabla 4 y 5.

Tabla 4. Datos de producción y rendimientos según tratamientos

Tratamiento	Bloque	Mazorcas Comerciales (unid/ha)	Mazorcas No Comerciales (unid/ha)	Rend. Comercial (kg/ha)	Rend. No Comercial (kg/ha)	Rend. Total (kg/ha)
1	1	18,519	24,691	3,620	3,339	6,958
1	2	6,173	16,049	1,122	1,375	2,497
1	3	11,111	14,815	1,964	1,824	3,788
1	4	17,284	14,815	3,872	1,964	5,836
2	1	9,877	9,877	2,160	1,627	3,788
2	2	16,049	9,877	3,395	1,347	4,742
2	3	11,111	11,111	2,609	1,487	4,097
2	4	20,988	7,407	4,377	645	5,022
3	1	4,938	12,346	1,207	1,235	2,441
3	2	9,877	19,753	2,217	2,862	5,079
3	3	25,926	12,346	4,882	1,543	6,425
3	4	16,049	16,049	3,255	1,964	5,219
0	1	9,877	7,407	1,880	898	2,778
0	2	3,704	9,877	701	1,627	2,329
0	3	23,457	12,346	4,489	1,319	5,808
0	4	11,111	11,111	2,048	1,599	3,648

La tabla 4 y 5, presentan los datos de producción y rendimiento, así como los datos sobre costos, ingresos y beneficios según tratamiento, respectivamente.

Tabla 5. Costos, ingresos y beneficios según tratamientos

Tratamiento	Bloque	Costo (RD\$/ha)	Ingreso (RD\$/ha)	Beneficio (RD\$/ha)	B/C
1	1	129,943.07	246,913.58	116,970.51	0.90
1	2	129,943.07	113,580.25	-16,362.82	-0.13
1	3	129,943.07	148,148.15	18,205.08	0.14
1	4	129,943.07	197,530.86	67,587.80	0.52
2	1	130,167.74	118,518.52	-11,649.22	-0.09
2	2	130,167.74	167,901.23	37,733.50	0.29
2	3	130,167.74	133,333.33	3,165.60	0.02
2	4	130,167.74	197,530.86	67,363.13	0.52
3	1	136,432.34	88,888.89	-47,543.45	-0.35
3	2	136,432.34	158,024.69	21,592.36	0.16
3	3	136,432.34	256,790.12	120,357.79	0.88
3	4	136,432.34	192,592.59	56,160.26	0.41
0	1	145,430.15	108,641.98	-36,788.17	-0.25
0	2	145,430.15	69,135.80	-76,294.34	-0.52
0	3	145,430.15	237,037.04	91,606.89	0.63
0	4	145,430.15	133,333.33	-12,096.81	-0.08

La tabla 6 muestra la separación de medias de las densidades de malezas y resalta los que resultaron estadísticamente significativas, el tratamiento 2 proporcionó la menor densidad de malezas (12.91 unid/m²), seguido del testigo relativo (43.58 unid/m²). Los tratamientos 3 y 1 (60.67 y 66.26 unid/m²), respectivamente tuvieron un desempeño inferior.

Por su parte, el testigo relativo ocupó la segunda densidad más baja de las especies *Origanum vulgare* L (0.33 unid/m²), *Euphorbia heterophylla* L (10.00 unid/m²), y *Digitaria ciliaris* (Retz). *Koeler* (2.00 unid/m²).

Estos resultados, al igual que el estudio que realizó la Sociedad Mexicana de la Ciencia de la Maleza (2020), demuestran que al aplicarse Topramezone en el momento en que las plantas arvenses tienen 1 a 3 hojas verdaderas, se tienen bajas densidades de

las especies de gramíneas tales como *Digitaria ciliaris* (Retz). Koeler (0.75 unid/m²) y *Digitaria sanguinalis* L (0.17 unid/m²). Concordando también con su selectividad sobre el cultivo, donde no provocó ningún efecto sobre el maíz CL-86.

El tratamiento 2 proporcionó la menor densidad de *Cyperus rotundus* L (7.67 unid/m²), resultado que coincide con Oliveira & Constantin (2011), en la que se concluyó que la mezcla de Atrazina + Mesotriona tiene un control mayor sobre la misma especie; de igual manera no presentó diferencia estadísticamente significativa en la densidad de la especie de maleza *Commelina diffusa* Burm (0.50 unid/m²), no obstante, esta produjo la densidad más baja de los tratamientos evaluados, lo cual concuerda con el estudio llevado a cabo por Almeida et al (2010).

Tabla 6. Prueba de separación de medias Kruskal Wallis para densidades de malezas según tratamientos

Variable	Tratamientos								Densidad Promedio	%
	0		1		2		3			
<i>Sorghum halepense</i> L.	5.75		3.08		3.08		6.58		4.62	10%
<i>Amaranthus viridis</i> L.	1.42		2.42		0.08		1.67		1.40	3%
<i>Amaranthus retroflexus</i> L.	8.33	B	15.42	B	0.00	A	3.25	AB	6.75	15%
<i>Cyperus rotundus</i> L.	8.50		21.08		7.67		8.42		11.42	25%
<i>Cynodon dactylon</i> L.	0.00		0.00		0.08		0.00		0.02	0%
<i>Borreria leavis</i> Lam.	0.00		0.17		0.00		1.17		0.34	1%
<i>Origanum vulgare</i> L.	0.33	AB	0.00	A	0.00	A	9.92	B	2.56	6%
<i>Euphorbia heterophylla</i> L.	10.00	AB	20.42	B	0.58	A	19.08	B	12.52	27%
<i>Digitaria ciliaris</i> (Retz). Koeler	2.00	AB	0.67	A	0.75	A	3.25	B	1.67	4%
<i>Digitaria sanguinalis</i> L.	1.83	BC	0.00	A	0.17	AB	4.58	C	1.65	4%

Variable	Tratamientos								Densidad Promedio	%
	0		1		2		3			
<i>Commelina diffusa</i> Burm. f.	1.42		1.58		0.50		1.50		1.25	3%
<i>Parthenium hysterophorus</i> L.	4.00		1.42		0.00		1.25		1.67	4%
Total	43.58	AB	66.26	B	12.91	A	60.67	B	45.86	100%

Nota. Se comparan los promedios de una misma fila. Amarillo: mejor control, Verde: 2do mejor control.

La figura 2 presenta la prueba Tukey con un 5% de error experimental realizada para esta variable B/C, se observa que existe una diferencia notable en los datos absolutos obtenidos. La relación B/C en el tratamiento 1 (0.36 RD\$/ha) fue 22.22% superior al tratamiento 3 (0.28 RD\$/ha), 47.22% mayor al tratamiento 2 (0.19 RD\$/ha) y un 131.58% por encima del testigo relativo (-0.06 RD/ha).

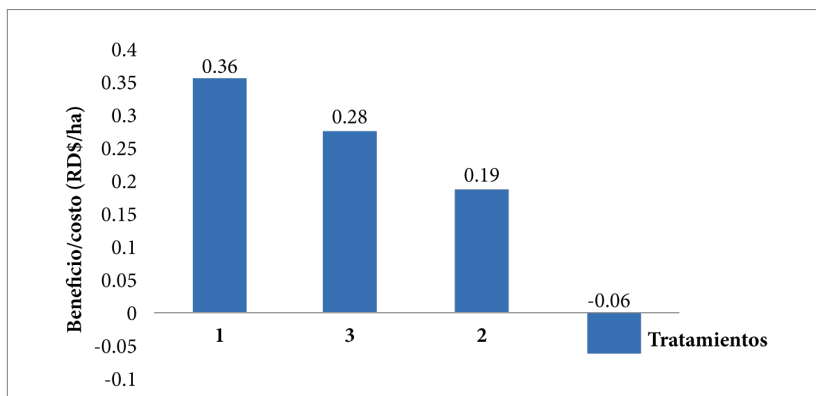


Figura 2. Separación de medias de rendimiento comercial conforme al tratamiento.

La tabla 7, indica el análisis de varianza al que fue sometida la variable de rendimiento comercial al 5% de error experimental. Según se observa en la probabilidad de p-valor, no hubo diferencia estadística significativa entre los tratamientos.

Tabla 7. Análisis de varianza de rendimiento comercial (kg/ha)

E.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	9708141.87	6	1618023.64	0.97	0.4931
Tratamientos	1599489.96	3	533163.32	0.32	0.8101
Bloques	8108651.91	3	2702883.97	1.63	0.2507
Error	14941284.1	9	1660142.68		
Total	24649426	15			

CONCLUSIONES

- El mejor control de malezas se obtuvo con el herbicida Atrazina + Mesotriona. Este presentó la densidad de malezas más baja (12.91 unid/m²) y por cada peso invertido, este generó RD\$0.19 centavos de beneficio.
- Con el Topramezone se obtuvo una mejor relación beneficio costo, puesto que generó RD\$0.36 centavos de beneficio por cada peso invertido, no obstante, obtuvo la densidad más alta de malezas (66.26 unid/m²) y no controló malezas importantes en el terreno de estudio como *Cyperus rotundus* L y *Amaranthus retroflexus* L.
- El herbicida Topramezone causó la menor densidad de malezas en las especies *Origanum vulgare* L (0.00 unid/m²), *Digitaria ciliaris* (Retz). *Koeler* (0.67 unid/m²) y *Digitaria sanguinalis* L. (0.00 unid/m²), a una dosis de 25 ml de 200 lts de agua.
- El herbicida Atrazina + Mesotriona fue con el que se produjo la menor densidad de malezas en las especies *Origanum vulgare* L (0.00 unid/m²), *Amaranthus retroflexus* L (0.00 unid/m²), *Euphorbia heterophylla* L (0.58 unid/m²) y *Digitaria ciliaris* (Retz). *Koeler* (0.75 unid/m²). Además, destacó en el control de *Digitaria sanguinalis* L. (0.17 unid/m²), *Commelina diffusa* Burm. F (0.00 unid/m²), *Cynodon dactylon* L (0.00 unid/m²), *Parthenium hysterophorus* L (0.50 unid/m²), a una dosis de 1 ml de 200 lts de agua.
- Con el Acetocloro se alcanzó una densidad baja de malezas en la especie *Amaranthus retroflexus* L (3.21 unid/m²), a una dosis de 75 ml por 200 lts de agua.

- La aplicación de S-Metolacoloro combinado con controles culturales produjo una densidad baja de malezas en las especies *Origanum vulgare* L (0.33 unid/m²), *Euphorbia heterophylla* L (10.00 unid/m²) y *Digitaria ciliaris* (Retz). *Koeler* (2.00 unid/m²).
- Ninguno de los tratamientos (S-Metolacoloro, Topramezone, Atrazina + Mesotriona y Acetocoloro) presentó efecto significativo sobre el rendimiento del cultivo.

REFERENCIAS

- Almeida, H., Lemos, A., Gómez, L., Rezende, T., Feldkircher, C., & Soares, V. (2010). *Controle de plantas daninhas na cultura do milho por meio de herbicidas aplicados em pré-emergencia*. Pesquisa Agropecuária Tropical.
- El Nuevo Diario. (22 de Febrero de 2021). *Importadores de productos agropecuarios informan que el alza en los fletes marítimos incrementará precios insumos*. el-nuevodiario.com.do: <https://elnuevodiario.com.do/importadores-de-productos-agropecuarios-informan-que-el-alza-en-fletes-maritimos-incrementa-precios-insumos/>
- IPL. (Enero de 2017). Refundación de la Finca Experimental “André M. Vloebergh”. San Cristóbal, San Cristóbal, República Dominicana.
- Oliveira, R., & Constantin, J. (2011). *Biology and management of harmful plants*. Curitiba: Omnipax.
- R Lara, A. (3 de Junio de 2022). Uso del control de malezas actual en la Finca Experimental “André Vloebergh”. (G. Cruz, Entrevistador)
- Rondón, F. (2020). *Proyectos de grado del IEESL*. San Cristóbal: Autor.
- Sociedad mexicana de la ciencia de la maleza. (2020). *Memoria XLI Congreso Nacional de la Ciencia de la Maleza*. Texcoco: Sociedad Mexicana de la Ciencia de la Maleza.

ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE AFECTAN EL USO DEL CRÉDITO AGRÍCOLA: CASO PRODUCTORES DE BAYAGUANA Y MONTE PLATA, REPÚBLICA DOMINICANA

Valentina Coronado^{1,2}, Félix Rondón¹

1 Instituto Especializado de Estudios Superiores Loyola, San Cristóbal, R.D.

2 Banco Agrícola de la República Dominicana, Monteplata, R.D.

Autor de correspondencia: frondon@ipl.edu.do

RESUMEN

El Banco Agrícola de la República Dominicana es la principal entidad financiera que otorga créditos blandos a productores agropecuarios a nivel nacional. Esta investigación se llevó a cabo en la provincia Monte Plata, en los municipios Monte Plata y Bayaguana, con el objetivo de analizar los factores que influyen sobre el uso y el estado de los préstamos agropecuarios otorgados a productores de la zona. La recolección de datos demográficos, agrícolas y crediticios fue realizada aplicando una encuesta a 100 productores a través de entrevistas. El análisis estadístico consistió en pruebas de Chi Cuadrado al 5% de error en tablas de contingencia de residuos ajustados. Los resultados mostraron que el 77% de la cantidad de préstamos otorgados, y el 80% del monto desembolsado, es dedicado a la producción agrícola y pecuaria. También mostró que los prestatarios de género femenino, con menos de 50 tareas, sin experiencia agropecuaria o sin historial crediticio son los más propensos a desviar los préstamos a otras actividades; que el destino que los prestatarios dan a los préstamos influye en el cumplimiento de pago, siendo los que invierten menos del 50% los de mayor riesgo de incumplimiento; y que los productores de Bayaguana son los más propensos a mantener préstamos vencidos con relación a los de Monte Plata.

Palabras clave: Crédito agrícola, Banco Agrícola, Riesgo financiero.

INTRODUCCIÓN

El sector agropecuario en la República Dominicana ha sido históricamente un componente crucial de su economía, contribuyendo significativamente al Producto Interno Bruto (PIB) nacional. En la última década el PIB agropecuario ha experimentado un crecimiento sostenido, pasando de 2,345 millones de dólares

(3.9%) en 2012 a 9,698 millones de dólares (12.3%) en 2020. Uno de los factores que ha hecho posible esta transición ha sido el apoyo del Banco Agrícola y otras instituciones financieras que ofrecen créditos y plazos favorables para los productores.

La zona de Monte Plata y Bayaguana en la provincia de Monte Plata se ha destacado por su relevancia en la actividad agropecuaria, siendo una de las principales regiones beneficiadas por estos préstamos. No obstante, lo anterior, el aumento de la morosidad en la zona se ha convertido en un obstáculo para la recuperación de los préstamos y plantea un desafío importante para el Banco Agrícola. Se estima que en 2018 llegó ser de 7.35%, muy por encima del nivel de 2% que se considera aceptable.

Se sospecha que este nivel de morosidad es causado por el desvío de fondos destinados a actividades agropecuarias hacia otros fines, que incluyen la construcción de viviendas, la adquisición de bienes raíces, y la inversión en pequeños y medianos emprendimientos no relacionados con la agropecuaria.

Esta situación plantea un desafío significativo para el Banco Agrícola y, en última instancia, para la sostenibilidad del sector agropecuario en la región; por lo que es necesario determinar cuál es el porcentaje de fondos que es desviado hacia otras actividades no agropecuarias, cuáles son los factores que incluyen sobre el desvío de fondos y cómo este desvío afecta el estado de los préstamos otorgados por el banco.

METODOLOGÍA

La investigación fue realizada en la zona de Monte Plata y Bayaguana, en la región sur de República Dominicana; al norte del Distrito Nacional (figura 1). La recolección de datos fue realizada a través de una encuesta, aplicada en forma de entrevistas individuales presenciales, a una muestra aleatoria de 100 prestatarios del Banco Agrícola de dicha zona.



Figura 1. Ubicación de la provincia Monte Plata.

La encuesta consistió en un formulario de 17 variables agrupadas en tres secciones: a) variables que describían las características demográficas de la población bajo estudio; b) variables relacionadas con la explotación agrícola de los productores, tales como el tamaño del terreno y el tipo de producción; y c) variables que describían el historial crediticio de los productores (tabla 1).

Los datos colectados fueron analizados utilizando el paquete estadístico Infostat. El análisis preliminar consistió en la elaboración de tablas de frecuencia para resumir los datos colectados de la encuesta y para elaborar gráficos pastel, según la naturaleza de estos. Posteriormente, el análisis principal consistió en pruebas de Chi Cuadrado aplicadas a tablas de contingencia de residuos ajustados, a un nivel de 5% de error, para verificar si existía efecto estadístico significativo de las características demográficas y de explotación agrícola de los productores sobre las características de historial crediticio evaluada.

Tabla 1. Variables evaluadas en la investigación

Categorías	Variables
Variables demográficas	Municipio de procedencia Género Edad (años) Educación
Variables relacionadas con la explotación agrícola	Tamaño del terreno (Ta) Tipo de producción Ingresos mensuales (DOP)
Variables de historial crediticio	Historial crediticio Tiempo de cliente (años) Destino del préstamo Estado del préstamo Préstamos vencidos Motivo de atraso % préstamo dedicado a agropecuaria

RESULTADOS

Estadísticas preliminares

Aunque el estudio abarcó tanto a productores de Monte Plata como de Bayaguana, el 70% de los encuestados provino de esta última localidad (figura 2) ya que en dicho

municipio es donde se registran la mayor cantidad de problemas de incumplimientos y retrasos en los pagos y por lo tanto es la población de mayor interés para el Banco Agrícola.

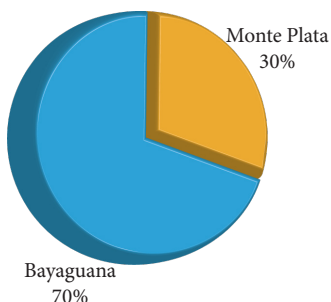


Figura 2. Encuestados por municipios.

La figura 3 muestra que apenas 27% de los prestatarios encuestados son mujeres. Esto se explica debido a que suelen ser los hombres los que se dedican principalmente a la producción agrícola y pecuario; mientras que las mujeres suelen dedicarse a otras actividades relacionadas con el comercio o con la educación.

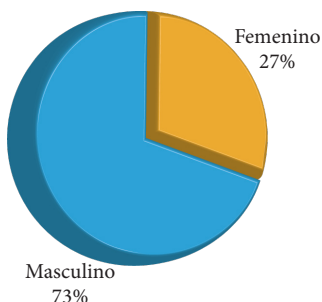


Figura 3. Encuestados por género.

Con respecto al historial crediticio de los prestatarios, 90% de los encuestados poseen historial crediticio en el sector financiero nacional (figura 4), esto se debe a que la gran mayoría de los productores se enfocan en darse a conocer en las bancas privadas con préstamos personales, para luego solicitar préstamos de mayores montos en el Banco Agrícola a una tasa de interés más baja.

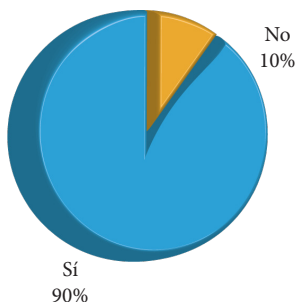


Figura 4. Historial crediticio.

Otras de las variables evaluadas fue el tamaño de la explotación agrícola. Según se observa en la figura 5, casi un tercio de la población (39%) posee entre 1 y 50 tareas de terreno, y alrededor de una cuarta parte (26%) entre 51 y 100 tareas. El restante 35% posee terrenos que superan las 100 tareas. Este dato es importante porque mientras más grande es el terreno mayor es la posibilidad de que el productor invierta en proyectos agrícolas y ganaderos a gran escala, con la estrategia de aprovechar los mismos para maximizar sus beneficios.

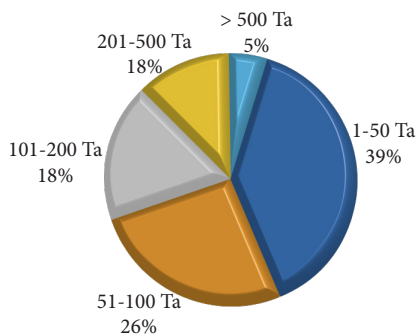


Figura 5. Tamaño de terreno.

Con respecto a las principales actividades agrícolas realizadas en la zona, el 61% de los encuestados se dedica a la producción agrícola mientras que el 34% a la producción ganadera (figura 6). Esto se debe a que pocos productores cuentan con la cantidad de terreno suficiente para la ganadería, además la agricultura es menos costosa ya que la

inversión inicial suele ser menor a la de un proyecto de ganadería, el cual exige más área y varias estructuras, tales como; establos, salas de ordeño, salas de parto, potreros y demás. Mientras que en la agricultura es preparación de terreno y un programa de fertilización de acuerdo con el cultivo.

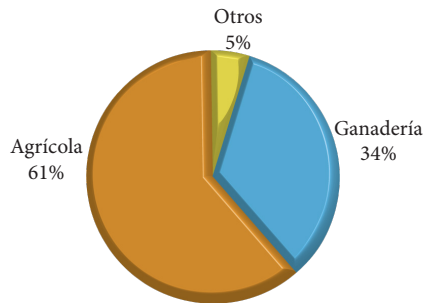


Figura 6. Actividad económica.

Relacionado con lo anterior, la figura 7 muestra el principal destino en el que los productores invierten los préstamos adquiridos; siendo la agricultura el mayor destino de inversión (42%) seguido de la ganadería (35%). Esto confirma a la agricultura como la actividad principal de la zona ya que exige menos recursos y menos tiempo que la ganadería.

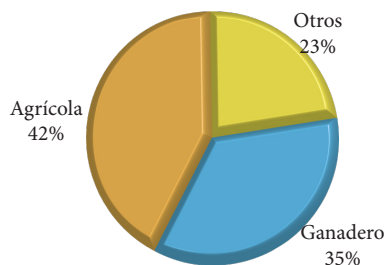


Figura 7. Destino del préstamo.

La figura 8 muestra que el 72% de los productores encuestados tenían sus préstamos al día (vigentes), demostrando esto que existe cierto esfuerzo por mantener un buen historial crediticio. El restante 28% de los encuestados tenía préstamos atrasados o vencidos.

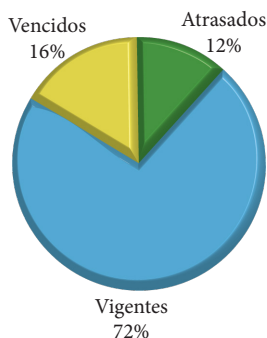


Figura 8. Estado de los préstamos.

Sobre qué porcentaje del préstamo los productores invierten en agropecuaria, la figura 9 muestra que un 25% de los encuestados manifestó invertir 50% o menos de los préstamos en actividades relacionadas con la agricultura o la ganadería.

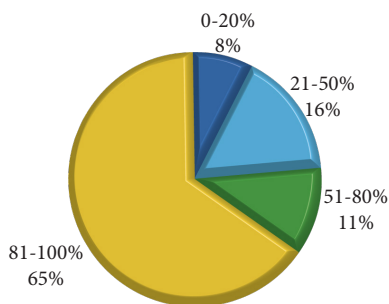


Figura 9. Porcentaje de préstamo invertido en actividades agropecuarias.

Con respecto al historial de préstamos vencidos, la figura 10 muestra que 45% de los encuestados tienen historial de préstamos vencidos; y que de estos el 35% reconocen que esto se debe a que invirtieron los montos prestados en otras actividades, no relacionadas con la agropecuaria, que no les produjo las ganancias suficientes para mantener sus préstamos al día; dando a entender que existe una relación entre el destino que se da al préstamo y el historial crediticio.

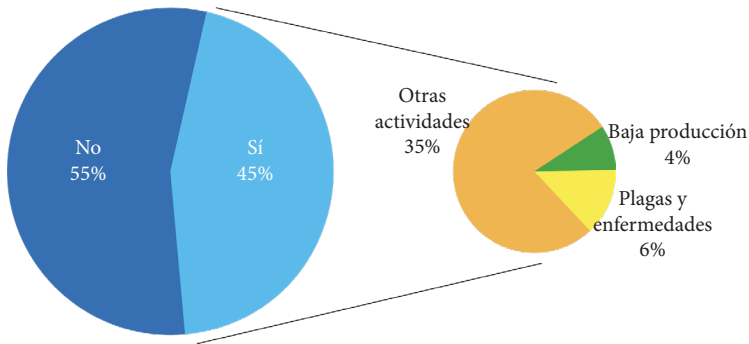


Figura 10. Historial de préstamos vencidos.

Pruebas de Chi Cuadrado

La tabla 2 presenta un resumen de los resultados de las pruebas de Chi Cuadrado realizadas a las 44 interacciones evaluadas en la investigación. Aquellas interacciones con un valor 5% (0.05) representan una relación significativa entre las dos variables comparadas.

Según lo anterior, estos resultados demuestran que: a) el género, el tamaño del terreno y el tipo de producción influyen sobre el destino del préstamo; b) el historial crediticio influye sobre el motivo de atraso y el % de dedicación del préstamo; c) la procedencia influye sobre el historial de préstamos vencidos; y d) el % de dedicación del préstamo influye sobre el estado de los préstamos, el historial de préstamos vencidos y el motivo de atraso.

Tabla 2. Resumen de las variables con tendencia a afectar el préstamo

Variables	Destino del préstamo	Estado del préstamo	Historial préstamos vencidos	Motivo de atraso	% Dedicación del préstamo
Municipio	NS	NS	0.048	NS	NS
Género	0.0001	NS	NS	NS	NS
Edad	NS	NS	NS	NS	NS
Educación	NS	NS	NS	NS	NS
Tamaño terreno	0.0001	NS	NS	NS	NS

Tipo de producción	0.0001	NS	NS	NS	NS
Historial crediticio	NS	NS	NS	0.0287	0.0061
Tiempo del cliente	NS	NS	NS	NS	NS
% Dedicación préstamo	NS	0.0001	0.0001	0.0001	

La tabla 3 presenta que tienen el género, el tamaño del terreno y el tipo de producción sobre el destino en el que los productores invierten los préstamos agrícolas. Los hombres tienden a invertir en actividades agropecuarias mientras que las mujeres lo hacen en otras actividades. Los propietarios de fincas de 100 a 500 tareas tienden a invertir en ganadería; y los de menos de 50 tareas prefieren hacerlo en otras actividades. Además, los ganaderos tienden a invertir en la producción ganadera mientras que los productores agrícolas en agricultura y en otras actividades.

Tabla 3. Destino del préstamo vs género, tamaño del terreno y tipo de producción

Variable	Categorías	Destino del préstamo			p Chi Cuadrado Pearson
		Agrícola	Otras Actividades	Ganadero	
Género	Femenino	-2.44	5.24	-2.1	0.0001
	Masculino	2.44	-5.24	2.1	
Terreno (ta)	1 a 50	0.67	5.37	-5.44	0.0001
	51 a 100	1.42	-2.16	0.43	
	101 a 200	-1.88	-1.94	3.66	
	201 a 500	-0.65	-2.02	2.45	
	Más de 500	-0.09	-1.25	1.2	
Tipo de producción	Ganadería	-5.25	-3.42	8.45	0.0001
	Agrícola	5.56	2.91	-8.32	
	Otros	-1.02	0.93	0.24	

Nota. $Z \geq 1.96$ = tendencia positiva; $Z \leq -1.96$ = tendencia negativa

Otro efecto significativo es el que tiene el porcentaje del préstamo invertido en agropecuaria sobre el estado de los préstamos. Según la tabla 4, los que invierten menos del 50% tienden a tener préstamos atrasados y vencidos; y los que invierten más del 80% tienden a mantener préstamos vigentes.

Tabla 4. Tendencia del estado de los préstamos vs % dedicación del préstamo

Variable	Categorías	Estado de préstamo			p Chi Cuadrado Pearson
		Atrasado	Vencido	Vigente	
% Dedicación Préstamo	0% a 20%	2.31	3.74	-4.73	0.0001
	21% a 50%	2.59	2.56	-3.96	
	51% a 80%	-0.31	0.21	0.06	
	81% a 100%	-3.10	-4.23	5.70	

Nota. $Z \geq 1.96$ = tendencia positiva; $Z \leq -1.96$ = tendencia negativa

La tabla 5 presenta los factores que tienen efecto significativo sobre el historial de préstamos vencidos de los encuestados. Según esta, el municipio de procedencia y el porcentaje de préstamo invertido en agropecuaria. Los productores de Bayaguana y los que invierten menos del 80% de los préstamos en agropecuaria son los que tienden a mantener un historial de préstamos vencidos.

Tabla 5. Factores que afectan el historial de préstamos vencidos

Variables	Categorías	Historial Préstamos Vencidos		p Chi Cuadrado Pearson
		No	Sí	
Municipio	Bayaguana	-1.97	1.97	0.0484
	Monte Plata	1.97	-1.97	
% Dedicación Préstamo	0% a 20%	-3.26	3.26	<0.0001
	21% a 50%	-4.28	4.28	
	51% a 80%	-3.89	3.89	
	81% a 100%	7.69	-7.69	

Nota. $Z \geq 1.96$ = tendencia positiva; $Z \leq -1.96$ = tendencia negativa

Según la tabla 6, el historial crediticio y el porcentaje del préstamo invertido en agropecuaria tienen estrecha relación con los motivos por el cual los productores encuestados manifestaron tener atrasos en los préstamos. Según esta, los productores que invierten más del 80% de los préstamos en agropecuaria tienden a atrasarse debido a la baja producción y al ataque de plagas y enfermedades. Y los que invierten entre el 21% y el 50% lo hacen debido a otras actividades no relacionadas con la agricultura. También es importante destacar que los que no tienen historial crediticio tienden a presentar la baja producción como motivo principal de los atrasos.

Tabla 6. Factores que motivan atrasos en el pago de los préstamos

Variable	Categorías	Motivo de atraso			Chi Cuadrado Pearson
		Baja producción	Otros motivos	Plagas y enfermedades	
Historial Crediticio	No	2.59	-1.01	-0.93	0.0287
	Sí	-2.59	1.01	0.93	
% Dedicación Préstamo	0% a 20%	-0.97	1.67	-1.22	0.0001
	21% a 50%	-1.48	2.54	-1.86	
	51% a 80%	0.03	1.21	-1.50	
	81% a 100%	2.46	-5.47	4.63	

Nota. $Z \geq 1.96$ = tendencia positiva; $Z \leq -1.96$ = tendencia negativa

CONCLUSIONES

- Los productores de las zonas de Monte Plata y Bayaguana invierten el 23% de la cantidad total de préstamos y el 20% de cada préstamo en actividades no relacionadas con la producción agrícola y pecuaria.
- La procedencia, el género, el tamaño del terreno, el tipo de producción, el historial crediticio y el porcentaje del préstamo invertido en actividades agropecuarias son los factores clave que influyen en el destino, el estado y el incumplimiento de los préstamos.
- Los prestatarios que son mujeres, que tienen menos de 50 tareas o que se dedican a la producción agrícola, no pecuaria, son los más propensos a desviar los préstamos a otras actividades no agropecuarias.

- Los productores que invierten 50% o menos del préstamo en actividades no agropecuarias: a) Representan el 24% de los encuestados, b) Suelen tener préstamos atrasados o vencidos, y c) Suelen presentar como motivos de atraso factores no relacionados con la producción agropecuaria.
- Los productores que invierten más del 80% de los préstamos en actividades agropecuarias: a) Representan el 65% de los encuestados, b) Suelen mantener préstamos vigentes, y c) Se atrasan en los pagos debido a la baja producción o al ataque de plagas y enfermedades.
- El 45% de los prestatarios tiene un historial de préstamos vencidos, siendo los más propensos los de Bayaguana y los que dedican 50% o menos del préstamo a la producción agropecuaria.
- Los prestatarios que no tienen historial crediticio suelen dedicar 50% o menos de los préstamos a la agropecuaria y suelen atrasarse en los pagos debido a la baja producción.
- Para reducir la inversión de fondos agrícolas en actividades no agropecuarias es necesario: a) Capacitación para la inclusión de mujeres en actividades agropecuarias, el fomento de la asociatividad funcional y coyuntural, y c) Capacitación para prestatarios con poco historial crediticio.

REFERENCIAS

- Castillo, A. (2020). *Economía*. Pedernales: Documento proyecto.
- Castro, T. (2017). *Sector bancario*. Santo Domingo, D.N.: sib.
- Chacón. (2008). *Financiamiento del sector agroalimentario y desarrollo rural*. Perú: proyecto.
- FAO. (2004). El sector agrícola y el crecimiento económico. Santo Domingo: <https://www.fao.org/3/y5673s/y5673s05.htm>.
- Ministerio de Agricultura. (2017). *Agricultura rinde cuenta*. Santo Domingo: Agricultura.gob.do.

Posada, A.; Esteban, A.; Berrocal, A. (2017). Gestión territorial mediante estrategia de asociatividad para Casanare – Colombia. *Ciencias Sociales y Económicas*. 20 (2). Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262017000200022

Ruíz, F. (2014). *Seguridad jurídica*. Santo Domingo: <https://www.impulsapopular.com/legal/recomendaciones-previas-al-alquiler-de-un-local-comercial/>.

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE MORINGA OLEIFERA EN LOS COSTOS DE ALIMENTACIÓN DE CONEJOS EN ETAPA DE ENGORDE Y LA PRODUCCIÓN DE CARNE

Many Sánchez¹, Leonel Delgado¹, Félix Rondón¹

¹ Instituto Especializado de Estudios Superiores Loyola. San Cristóbal, RD.

Autor de correspondencia: frondon@ipl.edu.do

RESUMEN

La presente investigación se realizó en la finca experimental “André M. Vloeberg”, del Instituto Politécnico Loyola, ubicada en San Cristóbal Rep. Dom., con el objetivo de evaluar el efecto de Moringa oleífera en el valor nutricional y en los costos de alimentación de la dieta diaria de conejos (*Oryctolagus cuniculus*) en etapa de engorde, en comparación con la alimentación a base de concentrado tradicional. Para el experimento se utilizaron 30 conejos de la raza Mariposa destetados a los 30 días de edad. Se aplicó el modelo estadístico de Diseño Completamente al Azar (DCA), con seis tratamientos (0%, 10%, 20%, 30%, 40% y 50% de moringa en la dieta diaria) y cinco repeticiones. El ensayo duró 13 semanas y 3 días y las variables evaluadas fueron la ganancia de peso semanal y peso de canal. Los análisis de varianza al 5% de error experimental no arrojaron diferencia significativa para ninguna de las variables evaluadas. No obstante, los análisis de regresión mostraron que por cada 10% de incremento de moringa en la dieta se obtuvo una reducción significativa de 0.012 libras por conejo en el peso final y de 0.013 libras por conejo en la ganancia de peso. El experimento también permitió concluir que con cada 10% de moringa los costos de producción de una libra de carne comercial se redujeron en RD\$6,57; resultando el tratamiento con 0% de moringa el de mayor costo (RD\$87.78 por libra de carne), mientras que el tratamiento de 50% de moringa el de menor costo (RD\$ 54.64 por libra de carne).

Palabras clave: Moringa oleífera, alimentación animal, costos de producción, cunicultura.

INTRODUCCIÓN

La crianza de conejo es una actividad económica que ha adquirido cierto auge en República Dominicana; aproximadamente 7,780 conejas paridoras bajo una crianza intensiva en ambiente controlado. Las crías son engordadas con varios fines, principalmente para la producción de carne, aunque también sus pieles se utilizan para confeccionar diferentes artículos, lo cual permite aumentar la rentabilidad del sector beneficiando el crecimiento de este y garantizando el aumento de la economía dominicana (Ferrerías, 2015).

El conejo es 100% herbívoro y con una dieta basada en forrajes naturales se puede producir al año más carne que una vaca (Severino, 2008). La coneja dura preñada entre 28 y 30 días por lo que produce alrededor de siete partos por año, promediando de 6 a 7 gazapos entre partos, lo que equivaldría a 49 conejos por año. Estos datos indican que, al sacrificarlos a los 90 días con un peso promedio de 2.5 libras por conejo, se tendría un promedio de 123 libras de carne por madre por año lista para el consumo.

El conejo de engorde básicamente necesita una dieta en proteínas y fibras que puede ser suplida utilizando biomasa vegetal como la producida por la Moringa oleífera, la cual alcanza niveles de proteína de hasta un 20.5% (Alfarado & Martínez, 2008). Esto hace que la moringa sea una fuente no convencional de materia prima como alternativa viable y económica al uso de alimentos concentrados comerciales de alto costo.

En República Dominicana no se cuenta con información suficiente sobre el uso de moringa como fuente alimenticia, por lo que es preciso comparar esta alternativa con otra fuente alimenticia convencional para medir los resultados a fin de que se compruebe el efecto que se obtiene en los pesos de los herbívoros y el beneficio económico.

En este contexto, se planteó como objetivo evaluar el efecto del uso de Moringa oleífera en la producción de carne y en los costos de alimentación de conejos (*Oryctolagus cuniculus*) en etapa de engorde.

METODOLOGÍA

El experimento fue realizado en la granja de conejos de la finca experimental “André M. Vloeberg”, del Instituto Politécnico Loyola, en San Cristóbal, República Dominicana,

utilizando un Diseño Completamente al Azar con 6 tratamientos que consistieron en combinaciones de alimentos paletizados mezclados con diferentes cantidades de biomasa de moringa: 0%, 10%, 20%, 30%, 40% y 50%.

Cada tratamiento contó con 5 repeticiones para un total de 30 unidades experimentales, y cada unidad experimental consistió en un gazapo de la variedad Mariposa de 4 semanas de edad, las cuales fueron distribuidas aleatoriamente en 6 jaulas de 50.5cm x 50.5cm aproximadamente. En cada jaula fueron colocados al azar los 5 conejos que recibirían el mismo tratamiento y cada conejo fue identificado con el número de tratamiento y la repetición que le correspondía.

El estudio duró un período de tiempo de 14 semanas, y las variables evaluadas fueron: peso final (libras), ganancia de peso (libras), peso de canal (libras), carne comercial (%) y costo de producción (DOP/libra de carne comercial). También fue medido el porcentaje de proteína y fibra de cada una de las raciones alimenticias de cada tratamiento. No fue incluida la medición de las propiedades organolépticas ni nutritivas de la carne.

Los datos colectados fueron analizados con una prueba Shapiro-Wilks Modificado al 5% de error para verificar que todas las variables cumplieran con el supuesto de normalidad; y luego fueron sometidos a un análisis de varianza al 5% de error. No fue necesario realizar prueba de separación de medias ya que se detectó ningún efecto significativo del % de moringa sobre las variables estudiadas. Adicionalmente, a las variables ganancia total de peso (libras), peso de canal (libras), porcentaje de carne comercial y costo de alimentación se les realizó un análisis de regresión al 5% de error.

RESULTADOS

Peso final

No se registró un efecto significativo del porcentaje de moringa en las raciones alimenticias sobre el peso final (tabla 1). No obstante, la ración con 0% de moringa mostró una ligera superioridad sobre las demás raciones, y se observó una tendencia a un declive 0.056 libras del peso vivo promedio por cada 10% incremento de moringa en la dieta, exceptuando un ligero pico que ocurrió con el tratamiento de 30% de moringa (figura 1).

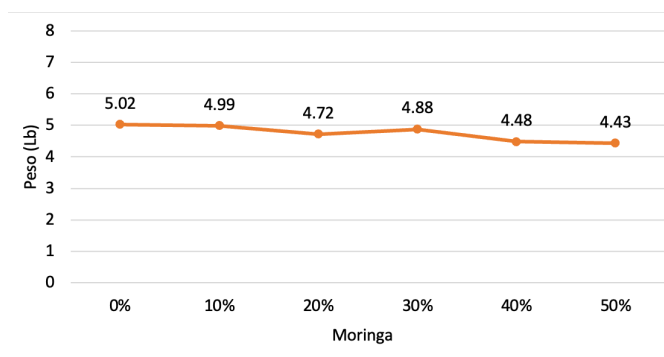


Figura 1. Pesos totales promedios de conejos según % de moringa en la dieta.

Tabla 1. Análisis de varianza de peso final por conejo

Variable	Promedios (lb)	Cv	P-Valor
Peso final	4.74	9.48	0.3004

El análisis de regresión realizado a los datos de ganancia de peso igualmente concluyó que no hay efecto de la variación del % de proteína sobre la ganancia de peso (tabla 2). No obstante, esto se pudo observar que por cada aumento de 10% de moringa la ganancia de peso promedio de cada conejo disminuyó en 0.037 libras, coincidiendo con lo encontrado por Valverde (2010) el cual concluyó que la reducción del suministro de concentrado a conejos desde 110 hasta 17,5 g/día, con oferta de morera ad libitum, redujo las ganancias de peso desde 24 hasta 18g/día.

Tabla 2. Análisis de regresión de peso final por conejo

Variable	Constante	Prob.	Pendiente	Prob.	Valor crítico F	R2
Peso total	4.870	0.000	-0.056	0.318	0.318	0.042

Ganancia total de peso (libras)

La figura 2 muestra la ganancia de peso promedio de los conejos por tratamientos; y la tabla 3 presenta los resultados del análisis de varianza de la ganancia de peso promedio. Según estos, no existe diferencia estadística entre los tratamientos.

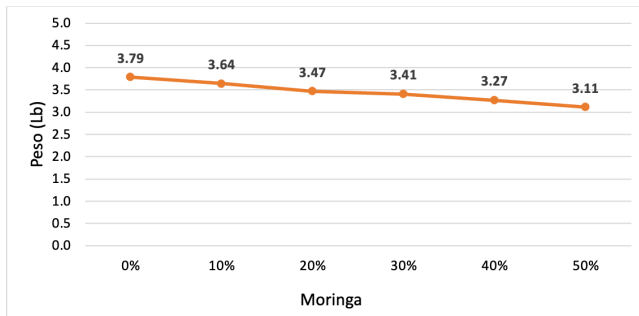


Figura 2. Promedios de ganancia total de peso en conejos según % de moringa en la dieta.

Tabla 3. Análisis de regresión de ganancia de peso por conejo

Variable	Promedios (lb)	Cv	P-Valor
Ganancia total de peso	3.43	12.25	0.29

El análisis de regresión realizado a los datos de ganancia de peso (tabla 4) igualmente concluyó que no hay efecto de la variación del % de proteína sobre la ganancia de peso (tabla 4.3). No obstante, esto se pudo observar que por cada aumento de 10% de moringa la ganancia de peso promedio de cada conejo disminuyó en 0.037 libras, coincidiendo con lo encontrado por Valverde (2010) el cual concluyó que la reducción del suministro de concentrado a conejos desde 110 hasta 17,5 g/día, con oferta de morera ad libitum, redujo las ganancias de peso desde 24 hasta 18g/día.

Tabla 4. Análisis de regresión de Gancia de peso por conejo

Variable	Constante	Prob.	Pendiente	Prob.	Valor crítico F	R2
Peso total	4.870	0.000	-0.056	0.318	0.318	0.042

Peso de canal (libras)

La figura 4 muestra los pesos de canal promedio de cada tratamiento, siendo la dieta con 30% de moringa la que produjo los mejores resultados (2.86 libras por conejo) y la de 50% de moringa la que produjo los peores resultados (2.35 libras por conejo).

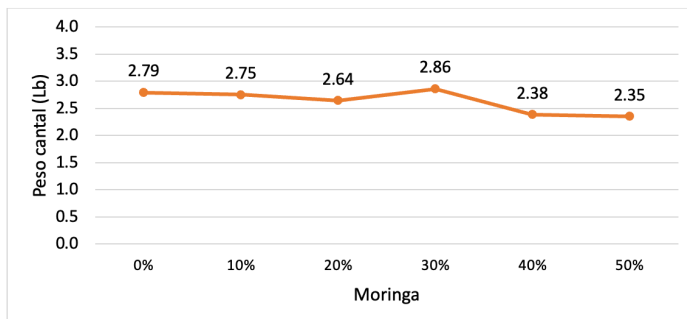


Figura 4. Promedio de pesos de canal según % de moringa en la dieta.

La tabla 5 muestra que, al 5% de error, no hubo efecto significativo del porcentaje de moringa sobre el peso canal de los conejos, siendo el promedio general de 2.61 libras y datos homogéneos con coeficiente de variación de 12.84.

Tabla 5. Análisis de varianza peso de canal por conejo

Variable	Promedios (lb)	Cv	P-Valor
Peso canal	2.61	12.84	0.1396

Un resultado similar se obtuvo al hacer un análisis de regresión con el cual se pudo evidenciar que el porcentaje de moringa en la dieta no tiene efecto significativo sobre el peso de canal (tabla 6).

Tabla 6. Análisis de regresión peso de canal por conejo

Variable	Constante	Prob.	Pendiente	Prob.	Valor crítico F	R2
Peso total	2.725	0.000	-0.050	0.249	0.249	0.059

Porcentaje de carne comercial

En la figura 5 se observa el comportamiento de cada uno de los tratamientos respecto al porcentaje de carne comercial en promedio obtenidos en cada uno de los ensayos llevados a cabo. El análisis de varianza (tabla 7) muestra que no hubo efecto significativo de la dieta de moringa sobre el % de carne comercial, no obstante, esto

se puede observar que el tratamiento con 30% de moringa superó ligeramente fue ligeramente superior al de 0% quedando estos dos como los superiores, mientras que el de 50% quedó como el de menor ganancia.

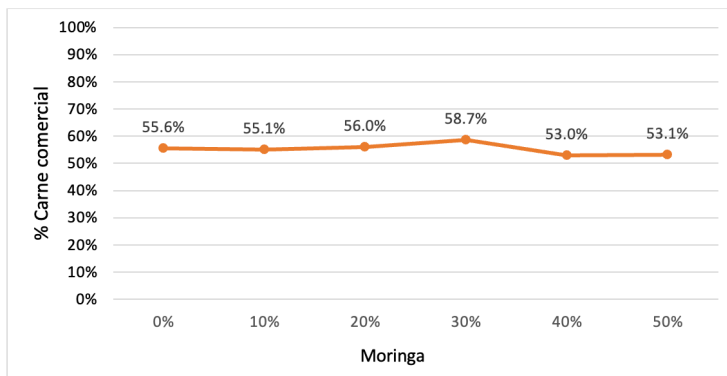


Figura 5. Promedios de % de carne comercial según % de Moringa en la dieta.

Tabla 7. Análisis de varianza de porcentaje de carne comercial

Variable	Promedios (%)	Cv	P-Valor
Porcentaje de carne comercial	55	8.3	0.4509

Cheeke (1995) y Roca (2009), citados por Vivas, Reyes, Sáenz & Benavides (2018), indican que el rendimiento de canal en engorde de conejos generalmente se encuentra entre el 50 y 65 % del peso vivo del animal, cifras que se asemejan a los resultados obtenidos en los distintos tratamientos. La tabla 8 muestra la regresión entre del % de moringa sobre el porcentaje de carne comercial, concluyendo que no existe un efecto significativo.

Tabla 8. Análisis de regresión de porcentaje de canal

Variable	Constante	Prob.	Pendiente	Prob.	Valor crítico F	R2
Peso total	0.561	0.000	-0.005	0.382	0.382	0.032

Costo de producción (DOP/libra de carne comercial)

La figura 7 muestra el comportamiento del costo de producir una libra de conejo según el % de moringa en la dieta. Se puede observar que los costos disminuyen a medida que incrementa el contenido de moringa, yendo de DOP 87.78/ libra con 0% de moringa, hasta DOP 54.64/libra con 50% de moringa.

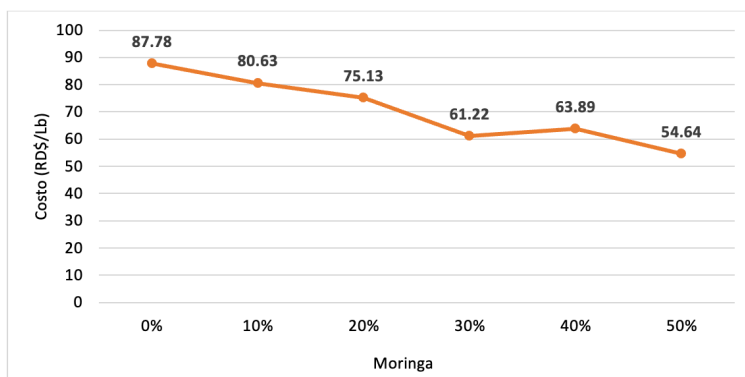


Figura 7. Promedios de costos de producción de 1 libra de carne de conejo según % de moringa en la dieta.

El análisis de regresión (tabla 9) muestra que 93.9% de la variación causada en el costo de producción carne se debe al % de moringa en la dieta de los conejos, de forma que por cada aumento de 10% del contenido de moringa el costo de producción de 1 libra de carne se reduce en DOP 6.57, con un nivel de probabilidad de error de menos de 1%.

Tabla 9. Análisis de regresión de costos de producción de 1 libra de carne de conejo según % de moringa en la dieta

Variable	Constante	Prob.	Pendiente	Prob.	Valor crítico F	R2
Peso total	86.97	0.000	-6.567	0.001	0.001	0.939

Análisis proximal de biomasa

Se les realizaron análisis a las hojas y tallos frescos de moringa, para determinar la cantidad de fibras y proteínas que estas contenían; dichos análisis concluyeron que la moringa suministrada a los conejos contenía un 27.2% de proteínas y un 10.7% de fibras (tabla 10); estando ambos valores dentro del rango esperado según los reportado por Bressani (2007), Alfaro & Martínez (2008) y Ozuna (2019).

Tabla 10. Valores esperados y observados de contenido de proteína y fibras en moringa

Contenido	Valor esperado ^a	Resultado
Proteína (%)	21.0 – 33.5	27.2
Fibra (%)	7.5 – 16.0	10.7

Nota. a (Bressani, 2007; Alfaro & Martínez, 2008; Ozuna, 2019).

Porcentaje de proteína y fibra de las raciones

La figura 8 muestra el porcentaje total del proteínas y fibras que fue suministrado a los conejos en cada uno de los tratamientos. Según se puede observar, el contenido de proteína osciló entre 18.0% y 22.6% mientras que el de fibra osciló entre 12.0% y 11.3%. A medida que aumentaba el contenido de moringa en la dieta, el porcentaje de proteína aumentó mientras que el porcentaje de fibra disminuyó.

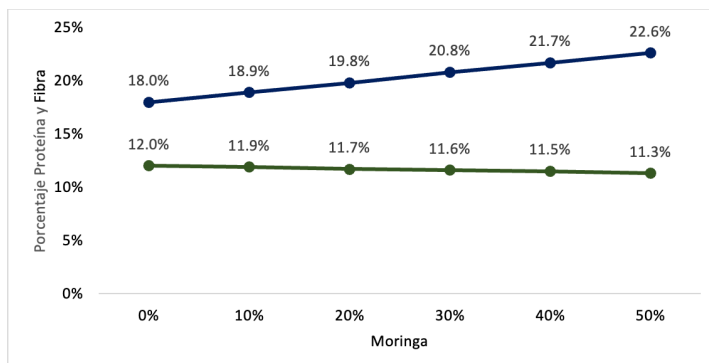


Figura 8. Porcentaje total del proteínas y fibras suministrados según el contenido de moringa en la dieta.

Teniendo en cuenta los valores esperados el contenido de proteínas y fibras en la dieta del conejo, según lo reportado por Brenes, Brenes & Pontes (1978) y por Chapel (2017), se puede que mientras los niveles de fibra se mantuvieron dentro del rango esperado, los niveles de proteína se mantuvieron siempre por encima de lo esperando.

Tabla 11. Valores esperados de contenido de proteína y fibras en la dieta diaria de conejos

	Proteína	Fibra
^a Valor Esperado	15% - 18%	10% - 14%

Lo anterior podría significar un factor de riesgo ya que, según Chapel (2017), concentraciones de proteína por encima de 18% aumentan la concentración de urea, favorecen el crecimiento de bacterias potencialmente patógenas, provocan enteritis y aumentan la tasa de mortalidad. Además, aumentan la producción de orina y esto hace que aumente la humedad y el amoníaco de la granja, causando problemas en la mucosa nasal y ocular, y facilitando la aparición de problemas respiratorios y conjuntivitis. No obstante, lo anterior, ninguno de estos problemas fue observados en el experimento.

CONCLUSIONES

- El porcentaje de Moringa oleífera en la dieta de conejos de engorde no tuvo ningún efecto estadístico significativo sobre el peso semanal, el peso final, el peso de canal y % porcentaje de carne comercial. No obstante, con la dieta de 0% de moringa se obtuvo el mayor peso final (3.79 libras/conejo), mientras que con la dieta de 30% de moringa se obtuvo el mayor peso de canal (2.86 libras/conejo) y el mayor porcentaje de carne comercial (58.65%).
- Los contenidos de proteína (27.2%) y fibra (10.9%) de la moringa estuvieron dentro de los valores reportados en la literatura.
- Por cada incremento de 10% de moringa en la dieta, el contenido de proteína bruta aumentó en 0.9%, sobrepasando el 18% recomendado en dietas para conejos de engorde; mientras que el contenido de fibra disminuyó en 0.1% manteniéndose dentro de los valores recomendados.
- El % de moringa tuvo efecto significativo sobre el costo de producción. Por cada incremento de 10% de moringa en la dieta el costo de producción de una libra de carne comercial se redujo en DOP 6,57.

REFERENCIAS

- Alfarado, N. C., & Martinez, W. W. (2008). *Uso potencial de la moringa (Moringa oleifera Lam) para la producción de alimentos nutricionalmente mejorados*. Guatemala: INCAP.
- Brenes, A., Brenes, J., & Pontes, M. (1978). Requerimientos nutritivos del conejo. *X V Reunión Anual de la Sociedad Ibérica de Nutrición Animal* (pág. 123). Valencia: El autor.
- Bressani, R. (2007). *Valor proteinico suplementario de la hoja de moringa oleifera Lam. al maíz, y al arroz*. Informe científico, Guatemala. Recuperado el 05 de Octubre de 2019.
- Chapel, J. M. (2017). Bases nutricionales del conejo de compañía. *Ateuves*, 12-17.
- Cheeke, P. (1995). Alimentación y nutrición del conejo. 429.
- Ferreras, A. (18 de Junio de 2015). La cunicultura: Fuente de riqueza a corto plazo. (S. CM, Ed.) *Agricultura*.
- Ozuna, J. (2019). *Informe de resultados del laboratorio de ensayos quimicos*. Instituto de Innovación en Biotecnología e Industria. Santo Domingo: Autor.
- Roca, T. (2009). Caracterización de la carne de conejo; Rendimiento canal. *Conejólogo*. Obtenido de <http://www.conejos-info.com/articulos/caracterizacion-de-la-carne-de-conejo>
- Severino, J. (Jueves 2 de Octubre de 2008). Conejos pueden ser buena fuente de ingresos. *Economía & Negocios*.
- Vivas Torres, J., Reyes Sánchez, N., Sáenz, A., & Benavides, Á. (Noviembre de 2018). Comportamiento productivo y características de la canal de conejos alimentados con harina de Moringa oleifera. *La Calera Revista Científica Vol. 18. No. 31, p. 81-88*.

DISEÑO DE UNA MICRORRED ELÉCTRICA SOSTENIBLE AISLADA DEL SISTEMA ELÉCTRICO INTERCONECTADO. CASO DE ESTUDIO: LOS ARROYITOS, MUNICIPIO LOS CACAOS, SAN CRISTÓBAL, R.D.

Nelson Pérez¹, Saurquin Corporán¹, Fabian Valerio¹, Carlos Pereyra¹,
José Andrickson¹

¹ Instituto Especializado En Estudios Superiores Loyola (IEESL). San Cristóbal, R.D.

Autor de correspondencia: jandrickson@ipl.edu.do

RESUMEN

El presente trabajo consiste en el desarrollo de un sistema de microrred inteligente aislada de distribución que contará con varias fuentes de generación que actuarán de forma complementaria y sincronizada para así optimizar el servicio y el uso de las fuentes de energías renovables, este contará con el apoyo de un sistema de almacenamiento que será suplido por la misma microrred y que entrará en funcionamiento en casos de falla de las fuentes principales. El objetivo principal es dar respuesta eficiente al déficit energético existente en la comunidad de Los Arroyitos, del Municipio Los Cacaos, lo que permitirá a la localidad tener acceso al recurso energético, sin los impedimentos que limitan el acceso de las líneas de distribución de energía eléctrica de la red general a la pequeña comunidad. Uno de los principales objetivos que se persiguen con el desarrollo de esta microrred es garantizar una fuente local de energía confiable, con características económicas y propiedades fiables para el medio en que se estará desarrollando, ya que se trata de una instalación ambientalmente amigable, dicho proyecto encaja perfectamente en lugares o comunidades donde exista una marcada limitación a los servicios de electricidad obtenidos de las Edes. La microrred aporta beneficios a la comunidad y son amigables con el medio ambiente, reduciendo los gases de efecto invernadero.

Palabras clave: Microrred Inteligente, Energía Renovable, Generación Distribuida, Sostenibilidad, Sistema Eléctrico.

INTRODUCCIÓN

El déficit energético es una problemática que afecta a cierta parte de la población que por distintas características y razones no tiene acceso al suministro eléctrico nacional. La electricidad es el foco principal de todo lo que puede significar el desarrollo de algún lugar en específico, toda actividad, ya sea de naturaleza industrial, doméstica e incluso recreativa, contempla el uso de la energía eléctrica.

En un informe, Thelma Eusebio, directora de la Unidad de Electrificación Rural y Suburbana (UERS), describió que para el 2018 en República Dominicana el 91% de la población estaba incluida en el Sistema Eléctrico Nacional Interconectado (SENI), pero hay otro (200,000 familias), que no tienen el beneficio de este servicio, Dammert (2011). De forma general, la mayoría de las zonas aisladas de la red eléctrica carecen de conexión porque de alguna manera por no resultar económicamente viable la construcción de las líneas de transmisión para abastecerlas, lo cual constituye un reto.

Al 9% que no está adicionado al sistema, en ocasiones se les presenta la oportunidad de métodos que garanticen un abastecimiento eléctrico continuo, por medio de entidades que patrocinan proyectos de desarrollo sostenible; una opción muy común es mediante la generación y obtención de energía a partir de fuentes renovables, Estrada (2010); tales como, eólica, fotovoltaica, hidráulica, biomasa entre otras fuentes de energía alternativa. Aunque la característica de intermitencia de las energías renovables, las hacen fuente no gestionable, y para suplir esta variabilidad se necesita otros tipos de fuentes de generación o a través de bancos de baterías.

El déficit energético por parte del suministro eléctrico público en la localidad de Los Arroyitos en Los Cacaos, San Cristóbal, está afectando a sus moradores y allegados, dado que carecen de la energía eléctrica necesaria para llevar a cabo las actividades del día a día.

MATERIALES Y MÉTODOS

Localización del estudio

De acuerdo con el centro de innovación, Atabey (2018), el municipio de Los Cacaos se localiza en la parte sur de la República Dominicana, justo al noroeste de la provincia de San Cristóbal. Los Cacaos limita al norte con el Municipio Villa Altagracia y Monseñor Nouel, al oeste con la Provincia Peravia, la Provincia San José de Ocoa, al sur y al este con Cambita y el Municipio San Cristóbal, la común cabecera de la

provincia. El poblado de Los Arroyitos se encuentra a 47 kilómetros del centro de la provincia de San Cristóbal y a 11 kilómetros de la parte central del municipio de Los Cacaos.

Enfoque y delimitación de la investigación

El desarrollo de este trabajo involucrarán esfuerzos aunados de recopilación de datos e informaciones respecto a la situación y realidad que atraviesa la localidad de Los Arroyitos y posterior a esto, la realización de las simulaciones concernientes en base a los datos recopilados en sitio en auxilio de herramientas formales y profesionales para llevar a cabo la elaboración de las proyecciones de los sistemas para identificar el comportamiento que sufrirán las variables que se tomarán en cuenta en este proyecto. No obstante, las conclusiones estarán enmarcadas y explicadas de acuerdo con la realidad económica y social de esta localidad del municipio de Los Cacaos.

Recolección de datos

- **Observaciones**

Consistirá en la realización de observaciones específicas hacia los objetivos de estudio, tomando en cuenta que estos estén de cara a la situación en particular en que se encuentra la comunidad de Los Arroyitos. Se busca observar e identificar las razones que promueven que se presente la problemática de estudio en la presente tesis.

- **Encuestas**

Llevándose a cabo esta práctica se busca recolectar información de forma sistemática y ordenada acerca de las necesidades a las que se enfrenta la comunidad, así como también identificar la demanda energética que presenta Los Arroyitos para lograr su subsistencia de cada día.

- **Análisis de contenido**

Esto se hace con el fin de identificar cuál sistema de generación de energía renovable sería óptimo para su utilización, logrando ser identificado a raíz de datos de investigaciones previas, también auxiliándose de software como lo es RETScreen, que nos arroja que recurso renovable abunda más en la comunidad y su porcentaje de aprovechamiento, IRENA (2019). Digsilent se realiza experimentos a escala de la curva de demanda a corto, mediano y largo plazo, de la comunidad, estimando el futuro.

- **Mediciones**

Se llevan a cabo mediciones por medio de la identificación y lectura de variables necesarias para el desarrollo y análisis de los datos obtenidos, utilizando métodos y herramientas de investigación.

Herramientas y materiales

Para la realización el trabajo de investigación, este se debe auxiliar de herramientas (métodos) y materiales, los cuales arrojan respuestas de forma objetiva y que se encuentren apoyadas en la realidad de la situación de estudio. Se utilizaron las siguientes herramientas para el procesamiento y análisis de los datos:

- **Entrevistas**

La realización de entrevistas arrojó datos claros y precisos, con una veracidad palpable, acerca de la comunidad.

- **Fuentes alternativas**

Para identificar aspectos más específicos de la comunidad de su sistema eléctrico, se hace uso de fuentes alternativas como es la solicitud de informaciones técnicas al organismo eléctrico pertinente EDESUR, la de poblacional a la ONE y de la comunidad a la Junta de Vecinos.

- **Simulaciones**

Se utilizaron software de computadora como son: RETScreen, Digsilent y MatLab/Simulink, y Excel; gracias a estos se logró obtener una visión acercada a la realidad sobre la eficiencia y eficacia de la microrred inteligente aislada a desarrollarse con respecto al cumplimiento de la generación de energía demandada por la comunidad y el correcto funcionamiento de la red de distribución aislada.

- **Análisis**

Se llevaron a cabo tres métodos de análisis, realizados a los datos obtenidos en el apartado de simulaciones y recolección de datos, esto con el fin de obtener conclusiones objetivas referentes al desarrollo de la microrred y la viabilidad de la misma.

- **Dispositivos de medición**

Para conocer la cantidad del recurso que es objeto de estudio en esta investigación se hizo uso de diversos dispositivos de mediciones de campo como flujómetros, sensores de irradiación, medidores de caudales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las microrredes han generado un enorme interés por los investigadores como Ortiz (2013), debido al gran aumento de generación distribuida y a la necesidad de electrificación de zonas aisladas, Valenciano (2015) y Scott (2016). Más aún, el incremento de generación por medio de fuentes renovables ha generado mayores desafíos en el área de gestión eléctrica con respecto a mecanismos de control, arquitecturas de comunicaciones, estabilidad de tensión y frecuencia, entre otros (Cooperativa Energética, 2018).

Plataformas de desarrollo como Simulink, con datos captados a través de RESTscreem permiten estudiar las mejores opciones para la comunidad. Modelo de sistema en base a un sistema uninodal que cuenta con diversos sistemas de generación y almacenamiento en baterías.

Se desarrolló un sistema de generación de energía aislada que pueda satisfacer la demanda de al menos 25 casas, y para esto se desarrolló una propuesta de sistemas, como lo planteado por Pérez (2018); en consideración a la menor intervención en el medio ambiente e impacto de contaminación visual se estudian los casos en el orden: Fotovoltaicos, Hidráulicos y Eólicos.

La arquitectura básica de una microrred aislada es presentada en la figura 1a. Para el caso de estudio está conformada por sistemas de generación fotovoltaico, generación hidráulica, posibilidad el sistema de generación eólico; con un respaldo de batería.

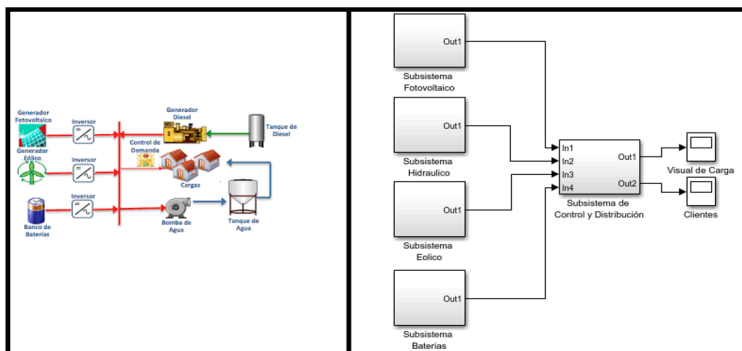


Figura 1a y 1b. Representación de un sistema de microrredes aisladas y simulación en Matlab (Armija y Mendoza, 2020).

La figura 1b presenta el esquema general del modelado, de la microrred, dentro del sistema, también se desarrolla un sistema de control que permite gestionar la carga y su distribución entre los clientes acorde a lista de mérito y prioridades de desarrollo.

Comenzamos definiendo el sistema de generación fotovoltaica para evaluar las condiciones de desarrollo de los modelos y sus beneficios proyectados sobre la comunidad seleccionada.

Generación fotovoltaica

Para determinar la factibilidad de implementación de un sistema fotovoltaico estudiamos en primera instancia el modelado del sistema para determinar la factibilidad teórica de producción de energía y la potencia necesaria para las 25 casas.

El modelo de simulación en Simulink que representa el circuito y sus ecuaciones se describe a continuación. En este modelo se representa una interfaz gráfica donde solo hay que introducir los datos del fabricante de los paneles, el número de paneles y la radiación solar sobre los mismos. El modelo representado en la siguiente figura 2.

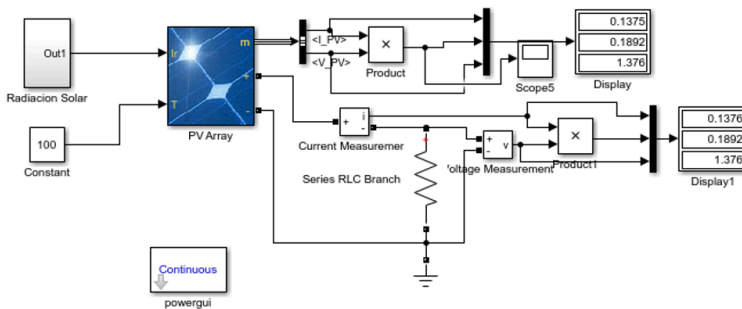


Figura 2. Modelo de simulación en Simulink en Matlab.

Es de considerar que esta es una prueba de concepto del sistema de generación, los datos de generación y potencia del sistema deben ser ajustados según la demanda programada y la distribución de la energía entre los diversos consumidores de la microrred. Para el análisis se continuará haciendo un autómata que define los estados a evolucionar entre los cuatro diferentes clientes de la red.

Como datos de referencia para estimar una demanda de producción de la comunidad se hizo el estudio a través de Retscreen que arrojó la medición de radiación, con la cual se determina el potencial de producción de acuerdo a la cantidad y características de los paneles, en la tabla 1 se muestran los valores determinados con Retscreen, (Martínez, 2013).

Tabla 1. Estudio de precipitación de las fuentes renovables presentes durante periodo de 1 año

Meses	Precipitación de lluvia (mm)	Radiación Solar diaria kWh/ m ² /d	Velocidad del viento m/s
Enero	27.59	4.35	5.1
Febrero	24.08	4.94	5.0
Marzo	26.66	5.33	4.8
Abril	39.60	5.57	4.5
Mayo	68.82	5.53	4.4
Junio	60.90	5.85	4.7
Julio	57.66	5.94	5.1
Agosto	68.82	5.68	4.7
Septiembre	75.90	5.24	4.0
Octubre	76.88	4.78	3.9
Noviembre	51.60	4.39	4.7
Diciembre	32.86	4.20	5.1
Anual	611.37	61.8	56.0
Promedio	51	5.15	4.7

En la tabla 2, se describen las características de tres paneles fotovoltaicos de los cuales se presentan su rendimiento y potencia que generan con relación a las dimensiones de estos.

Tabla 2. Características de paneles fotovoltaicos

Potencia (W)	Rendimiento (%)	Dimensiones (m ²)
350-400	18-20	2

250-300	15.5-17	1.7
200-250	14-15.5	1.5

Nota. (Gasca y Bulnes, 2010).

Simulación de fuente hidroeléctrica para generación de energía

El diseño y la simulación está basada en una microturbina que alimenta una micro planta hidroeléctrica, la cual se planteó observando la naturaleza que impera en la comunidad de Los Arroyitos en el municipio de Los Cacaos. En particular se aprovechan los saltos y pequeños vórtices que se van formando en las aguas del río circundante a esta comunidad. La pequeña planta hidroeléctrica propuesta es de origen ecológico.

Esta microturbina posee la particularidad de que tan solo con una diferencia de una altura de unos 1.5m, esta puede llegar a producir entre unos 5 kW - 100 kW de energía eléctrica por horas. De ser necesarios, se pueden utilizar más de una planta de microturbina y éstas funcionar de manera independiente sin ningún tipo de problema.

Sistema de generación eólica

La zona cuenta con velocidades promedio de unos 4.7 m/s. Por otro lado, tenemos la contra de que no se dispone de un área apta para la instalación de un campo de aerogeneradores ya que los mismo deben ser instalados a una distancia entre sí de unas 8-15 veces el diámetro de su rotor y por los niveles de ruido y la inseguridad física que representa un generador cerca de un área de viviendas.

Se simuló un aerogenerador a base de un generador síncrono que cuenta con una entrada donde se le proporcionan los datos de la velocidad del viento y otra para la conexión de la excitatriz del mismo.

Costos de instalación

- **Instalación hidroeléctrica**

Los costes de implementación pueden variar de forma considerable para instalar una micro-hidroeléctrica en un área seleccionada del río Mahomita con un salto de agua de al menos 1.5 m. En la tabla 3 se muestra el desglose de materiales y equipos a utilizar para llevar a cabo la confección e instalación de la micro-hidroeléctrica de la empresa seleccionada, Turbulent.

Tabla 3. Presupuesto para instalación de micro-hidroeléctrica

Descripción	Precio	Cantidad		Total
Microturbina (Turbulent) 15kW	\$240.800,00	5 kW	/ kW	\$3.612.000,00
Cableado principal turbina	\$96,00	250	m	\$24.000,00
Quintal de varillas	\$2.600,00	19	Qm	\$49.400,00
Block de 8"	\$75,00	200	Ud	\$15.000,00
Fundas de cemento	\$600,00	50	Ud	\$30.000,00
Arena de mezcla	\$2.500,00	4	m	\$10.000,00
Arena de empañete	\$2.700,00	3	m	\$8.100,00
Malla metálica inoxidable	\$1.150,00	20	pie2	\$23.000,00
Compuerta en perfiles	\$18.000,00	1	-	\$18.000,00
				\$3.789.500,00
Mano de obra	\$41.450,00	1	10%	\$41.450,00
Indirectos	\$20.725,00	1	5%	\$20.725,00
Misceláneos	\$12.435,00	1	3%	\$12.435,00
				\$74.610,00
Total materia prima mensual				\$3.864.110,00

En la tabla 4 se presenta el insumo o costo para llevar a cabo construcciones civiles que tiene que ver con las adecuaciones generales al área para habilitar la zona donde se ubicará la micro-hidroeléctrica y conectarla a la comunidad.

Tabla 4. Presupuesto para construcciones civiles y adecuaciones de la zona

Descripción	Precio	Cantidad	Total
Adecuaciones Gen.	\$80.000,00	1	\$80.000,00
Total			\$80.000,00

La tabla 5 representa los costos de mantenimiento para alargar la vida útil de la turbina junto con el intervalo de tiempo en que se debe llevar a cabo cada uno de estos.

Tabla 5. Costos por mantenimientos de la planta hidroeléctrica y periodos de acción

Descripción	Precio	Intervalo de tiempo
Sustitución de rodamientos	\$48.000,00	C/ 3 años
Comprobación de controles eléctricos	\$15.000,00	C/ 2 años
Re Engrase de cojinetes de caja de cambios	\$30.000,00	C/ 2 años
Reemplazo de sellos	\$45.000,00	C/ 2 años
Comprobación visual del generador	\$10.000,00	C/ 1 año
Reapriete de todos los tornillos	\$20.000,00	C/ 1 año
Cambio de aceite de caja de cambios	\$25.000,00	C/ 6 meses
Total	\$193.000,00	

La tabla 6 muestra en detalle el costo total que conllevaría el inicio del proyecto para implementar la micro-hidroeléctrica, para esto se toman en cuenta los valores mostrados en las tablas anteriores 3 y 4.

Tabla 6. Estimación de costo inicial del proyecto

Concepto	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Presupuesto para instalación de una micro-hidroeléctrica	1	RD\$ 3.864.110,00	RD\$ 3.864.110,00
Construcciones Civil	1	RD\$ 80.000,00	RD\$ 80.000,00
Total		RD\$ 3.944.110,00	RD\$ 3.944.110,00

A continuación, se ilustra en detalle el costo total a pagar anualmente por el consumo de energía eléctrica, si se llegará a conectar a la distribuidora de electricidad local las 25 casas tomadas en cuenta para el proyecto, esto se muestra en la tabla 7.

Tabla 7. Costo de consumo eléctrico a pagar anualmente

Costo de insumo	Demanda de casas		Detalle	Costos directos consumo
RD\$ 6,17	3	3 kW/ día	Cargo por kWh	RD\$ 18,51
RD\$ 41,34	1	95 kW/ mes	Cargo fijo por rango de consumo	RD\$ 41,34
			Total	RD\$ 59,85
			Cargo mensual por consumo de energía	RD\$ 596,64
			Total anual a pagar 1 casa	RD\$ 7.159,68
			Total anual a pagar 25 casas	RD\$ 178.992,00

Sabiendo lo anterior presentado sobre el monto a pagar anualmente de energía eléctrica por parte de la comunidad seleccionada, esto se podría traducir como un ahorro al momento de implementar este proyecto, debido a que los moradores seleccionados tendrán energía eléctrica sin incurrir en gastos o costos de consumo de este insumo. En la tabla 8 se presenta una estimación de ahorros, costos y beneficios del proyecto en un periodo comprendido de 6 años desde el momento de haber iniciado la micro-hidroeléctrica.

Tabla 8. Análisis de beneficio del proyecto en un periodo de tiempo

	Flujo de Efectivo					
	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Ahorro de hogares por año	-	RD\$ 178.992,00	RD\$ 357.984,00	RD\$ 536.976,00	RD\$ 715.968,00	RD\$ 894.960,00
Costos	RD\$ 3.944.110,00	RD\$ 80.000,00	RD\$ 250.000,00	RD\$ 378.000,00	RD\$ 458.000,00	RD\$ 628.000,00
Beneficio	-	RD\$ 98.992,00	RD\$ 107.984,00	RD\$ 158.976,00	RD\$ 257.968,00	RD\$ 266.960,00

Tomando en cuenta el ahorro anual que tendría la comunidad al recibir subsidio total de energía eléctrica, el tiempo estimado de retorno de la inversión inicial sería de unos 23 años o 8,042 días, desde el momento en que se haya puesto en marcha la planta. Por otra parte, sobre el retorno de la inversión para el primer año en que esté en funcionamiento la micro-hidroeléctrica, el porcentaje de rentabilidad de la inversión será de un 124% con relación al ahorro y el costo de mantenimiento presentados para el periodo evaluado.

- **Presupuesto eólico**

Según la investigación realizada, la comunidad de Los Arroyitos cuenta con una velocidad de viento promedio anual de 4.7 m/s, en la tabla 9 se muestran los materiales y presupuesto para llevar a cabo la generación de energía eléctrica a través de aerogeneradores.

Tabla 9. Presupuesto para confección e instalación de aerogeneradores

Descripción	Precio	Cantidad	Unidad	Total
Aerogenerador 10 kw	286,000	3	ud	854,600
Habilitación del terreno	75,000	1	p.a	75,000
Transporte	25,000	1	p.a	25,00
Alquiler de equipos	32,000	1	p.a	32,000
Cableado	100	200	m	20,000
Mano de obra Gen.	150,000	1	p.a	150,000
Misceláneos	50,000	1	p.a	50,000
Total	-	-	-	1,204,000

- **Presupuesto fotovoltaico**

En la tabla 10 se representa el presupuesto para la instalación de uno de los 25 usuarios actuales, si traducimos esto al valor total de los 25 usuarios tendría un costo de 73,256.50 euros o 4,306,749.64 pesos dominicanos la instalación de los sistemas de generación fotovoltaicos de todas las viviendas.

Tabla 10. Presupuesto de instalación de energía solar fotovoltaica

Cant.	Descripción	Precio (pesos)	Precio (euros)
2	Placas solares policristalinas de 400 W	17,638.23	300.00
1	Inversor-Cargador-Regulador Axpert KINGK48	58,794.10	1000.00
2	Baterías de 48 Voltios	39,392.05	670.00
1	Estructura para el tejado	26,457.35	450.00
1	Otros consumibles	15,000.00	255.13
1	Mano de obra	15,000.00	255.13
Total		172,281.73	2,930.26

CONCLUSIONES

- Las microrredes aisladas se mantienen en una constante evolución que no conoce límites, enfocada tanto en un alto nivel de generación como también de un alto almacenamiento de la sobre generación presente en el sistema, logrando así un gran impulso en el desarrollo de novedosos e impresionantes sistemas y subsistemas que impulsan las predicciones y la forma de comunicación, permitiendo así un control ininterrumpido de las operaciones de la red de manera muy precisa al momento de la ejecución de las decisiones realizadas por el propio sistema.
- El tipo de instalación propuesta representa una novedosa solución en cuanto al presente y la mejoría del futuro para aquellos moradores de la comunidad tomada en cuenta, pero cabe destacar que también lo representa para aquellos emplazamientos que se encuentran muy alejados de la red eléctrica local, como es el caso de Los Arroyitos. Uno de los puntos más importantes a tomar en cuenta es que se está desarrollando una opción de generación a partir de fuentes de origen renovables y sostenibles a nivel local, que a mediano y largo plazo representa un impacto positivo para la población en cuanto al desarrollo tanto social como económico.
- Al término del análisis de los resultados obtenidos con respecto a la generación fotovoltaica se determinó la factibilidad teórica de implementación de un sistema

fotovoltaico estudiando por medio del modelado del mismo sistema la capacidad de generación de energía y potencia necesarias para abastecer las 25 casas.

- Durante el desarrollo de los estudios de esta fuente de energía se tomaron en cuenta los contras de la misma como las fluctuaciones del clima y los mínimos y máximos que tiene la radiación solar a lo largo del día, se limitaron las horas efectivas de producción a 12 horas, es decir, las horas diarias de sol.
- De acuerdo con lo estudiado con la instalación de dos paneles solares de $2m^2$ por usuario obtendremos una potencia generada de 700-800W para cada consumidor, lo que significa cerca de un 30% de la demanda cubierta por esta fuente renovable.
- Al igual que en lo anterior descrito, al analizar los resultados con respecto a la generación hidroeléctrica se determinó por medio de simulaciones la eficacia que tendría la implementación de un sistema de generación hidroeléctrica a través de la instalación de una micro planta para estos fines por medio de una turbina especial, desarrollada por la empresa Turbulent, la cual aprovecha los pequeños saltos y vórtices presentes en ríos, canales y arroyos con poca cantidad de galones de agua por minuto pero si poseen un buen salto de agua.
- Se pudo conocer que, con un arreglo de este tipo de turbinas de manera secuencial, se tiene la oportunidad de aprovechar aún más este sistema, permite una generación de energía eléctrica de forma eficiente, sin la necesidad de provocar un impacto visual considerable al medio en el cual se lleve a cabo dicha implementación, aparte de cumplir con las necesidades presentadas por la comunidad.
- Luego del estudio de la zona y de los recursos naturales con los que cuenta se determinó que el potencial de generación eléctrica a través de fuentes renovables de Los Arroyitos es suficiente como para abastecer a la comunidad y para una proyección a futuro de otros usuarios que se puedan instalar. Tenemos que los tipos de energías renovables que se pueden aprovechar en la zona de Los Arroyitos sin causar ningún impacto negativo de ninguna naturaleza, son la hidroeléctrica y la fotovoltaica junto a un banco de baterías que servirá de respaldo en momentos de fluctuación del sistema o una demanda superior a la calculada por usuario.
- Por último, con respecto a la generación de energía por medio de fuente eólica se obtuvieron resultados favorables en cuanto a requerimientos técnicos para el funcionamiento de un aerogenerador dado que el área de estudio posee

velocidades de viento favorables para mover el rotor del aerogenerador por medio de sus aspas. En el área se obtuvo un promedio anual de una velocidad de viento de unos 4.7 m/s, donde un aerogenerador convencional necesita una velocidad de viento de un mínimo de 3.5 m/s para lograr que sus aspas se comiencen a mover y con esto lograr transmitir la energía cinética producida por el rotor hacia el generador para producir energía eléctrica aprovechable. Pero a pesar de lo anterior descrito, surgió la limitante de que el área de estudio no cuenta con los espacios necesarios para la instalación de este tipo de fuente renovable, en vista de que para llevarse a cabo este tipo de implementación se necesita un lugar extremadamente amplio y despejado para lograr el aprovechamiento óptimo de este sistema. Se pudo concluir que para lograr obtener las necesidades presentadas para dicha instalación se debería adecuar un lugar amplio lo que podría traer como consecuencia un gran impacto negativo a nivel ecológico y económico para la comunidad, esto debido a que los moradores de Los Arroyitos se sustentan de la agricultura de presente en la pequeña comunidad y también que para disponer de dicha área se debería proceder a practicar acciones de deforestación en el lugar. Otro punto importante que se tomó en cuenta fue el gran impacto visual que este sistema conlleva para la población presente.

REFERENCIAS

- Atabey. (2018). Eco tour Los Cacaos. Recuperado de: <https://centroatabey.org/evento/eco-tour-los-cacaos/>
- Cooperativa Energética. (Enero de 2018). *Energías de producción eléctrica renovables*. Recuperado el 04 de abril del 2021 de: <https://energeticacoop.es/energias-de-produccion-electricarenovables/>
- Dammert, A., Molinelli, F., & Carbajal, M. (2011). *Fundamentos Técnicos y Económicos del sector eléctrico Peruano*. Lima: Osinergmin.
- Estrada Gasca, C.A., & Arancibia Bulnes C.A. (Agosto de 2010) Las Energías renovables: La Energía Solar y sus implicaciones . *Revista Digital Universitaria*.
- Irena. (Febrero de 2019). *Innovation Landscape for a renewable-powered future*. En / publications/2019/Feb/Innovation-landscape-for-a-renewable-powered-future. Recuperado el 01 de abril del 2021 de: <https://www.irena.org/publications/2019/Feb/Innovation-landscape-for-a-renewable-powered-future>

- Ortiz, N. y. (Marzo de 2013). *Revistas. Obtenido de Microrred en la red eléctrica del futuro-caso Huatacondo*. Recuperado el 3 de abril de 2021: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/cienciaytecnologia/article/download/15214/14516/>
- Pérez, C.L., Alcántara, R.J & Villar, J.J. (junio 2018). *Propuesta de diseño de redes eléctricas de distribución de media y baja tensión para la electrificación de la comunidad la Yuca, San José de Ocoa, a través de la Microcentral Hidroeléctrica la Yuca*. República Dominicana
- Scott, N. (Marzo de 2016). *Microgrids. A guide to their issues and value*. Recuperado el 1 de abril de 2021 de: http://www.xeroenergy.co.uk/wp-content/uploads/2016/09/REP-1499_002_001B-A-guide-to-microgrids-by-Xero-Energy-Limited.pdf.
- Valenciano, A. (Junio de 2015). *Estudio de una Microrred Inteligente en la Ciudad de Huesca*- Recuperado el 19 de Abril del 2021 de: <https://repositorio.comillas.edu/rest/bitstreams/20172/retrieve>

PROTOCOLO PARA EL TRATAMIENTO DE LAS AVERÍAS PARA LA MEJORA DEL SERVICIO ELÉCTRICO DEL CIRCUITO MVIE104 DE LA CIUDAD DE SAN CRISTÓBAL

Miguel Valdez¹, José Andrickson¹

¹ Instituto Especializado En Estudios Superiores Loyola (IEESL). San Cristóbal, R.D.

Autor de correspondencia: jandrickson@ipl.edu.do

RESUMEN

El modelo económico de las distribuidoras de energía eléctrica en el país está basado en la compra y venta de energía. Las redes de distribución de energía eléctrica en República Dominicana presentan constantes fallas y averías que interrumpen la entrega a los consumidores finales. Por esto, se buscó proponer un protocolo para el tratamiento eficiente de las fallas, atendiendo a los principales factores como son el tiempo de respuesta, cantidad de clientes afectados, y recurrencias, para los clientes de Edesur que se alimentan del circuito MVIE104 de la ciudad de San Cristóbal, reduciendo la incidencia de averías, aumentando la cantidad de energía servida. Se conocieron las características del circuito y el comportamiento de este durante el periodo evaluado y se clasificarán las averías por 3 aspectos: tiempo de respuesta, alcance de la avería y la frecuencia con la que se presentan. Esta clasificación fue realizada en las ordenes de servicio de los centros técnicos y las ordenes de servicio del centro de operación de la red (COR). Los datos fueron extraídos de las bases de datos de Edesur utilizando sus sistemas corporativos y luego se analizaron con el uso de tablas dinámicas y gráficos en Excel y se elaboró un protocolo para el tratamiento de los reportes de fallas y averías. Se calcularon las pérdidas por la energía no servida por las averías y se calcularon los costos por órdenes de servicio. Se realizó todo atendiendo a la normativa establecidas en el Reglamento para la aplicación de la ley general de electricidad No. 125-01, que abarcó aspectos desde la generación de dicho reporte hasta la ejecución en terreno de la orden de servicio y el seguimiento a situaciones que no pudieron ser atendidas durante la primera visita.

Palabras clave: Diseño de protocolo, análisis de averías, tiempo de respuesta, pérdidas en facturación, alcance de avería, fallas reincidentes.

INTRODUCCIÓN

República Dominicana tiene un sistema de distribución de energía eléctrica que, aunque en los últimos años se ha ido desarrollando y mejorando, aún presenta constantes averías que afectan tanto a las empresas de distribución como a los usuarios.

Un sistema de distribución de energía eléctrica inicia en las bobinas de salida de los transformadores de las subestaciones y termina a la salida de los medidores de los clientes que consumen dicha energía. Entre estos puntos existen decenas de equipos y materiales que están constantemente expuestos a diversos factores ambientales (condiciones climáticas adversas, el salitre a la orilla del mar, etc.) y distintas condiciones de uso inadecuado que disminuyen la vida útil de estos materiales y equipos, lo que conlleva a que se produzcan averías o fallas.

Estas averías reducen la cantidad de energía servida a los clientes y provocan una pérdida en la facturación que afectan a la empresa. Como parte del análisis se clasificarán las fallas por tiempo de respuesta y cantidad de clientes afectados, y se estudiarán las causas de los reportes recurrentes.

El tipo de avería, el tiempo de respuesta y la cantidad de clientes afectados inciden directamente la facturación del servicio ya que la energía no está siendo servida. Poder estimar las pérdidas provocadas por las averías permitirá diseñar un protocolo de jerarquía de averías para disminuir el tiempo sin servicio y un aumento en energía servida. El análisis de la frecuencia con la que suceden las averías brindará información de la calidad del servicio ofrecido por el personal técnico y la calidad de los materiales utilizados en las redes de distribución y las acometidas de los clientes.

Con los resultados que se obtendrán de este análisis, se elaborará un protocolo para el tratamiento de los reportes de averías para mejorar la calidad del servicio con un uso eficiente de los recursos para reducir las fallas y aumentar la energía servida.

MATERIALES Y MÉTODOS

La propuesta estuvo basada en el análisis del actual procedimiento que se lleva a cabo para la atención a los reportes de averías de los clientes del circuito MVIE104. La propuesta se basó en el procedimiento que deben llevar a cabo las brigadas que asisten a los clientes afectados. Se analizaron los tiempos de respuestas, las informaciones

plasmadas en el cierre de las ordenes de servicio, el proceso de transferencia de notas de servicio entre las diferentes brigadas, el procedimiento post OS para los casos que quedan pendientes y se visitaron los casos recurrentes en terreno, en conjunto con el personal responsable del área. Como resultado se logró determinar las causas principales de las fallas y reportes recurrentes y se diseñó un nuevo procedimiento para la atención de las averías en el circuito MVIE104.

La población de estudio fueron todos los clientes de Edesur que se encuentran en situación correcta y se alimentan del circuito MVIE104 de la ciudad de San Cristóbal. Y la muestra fueron todos los reportes de averías registrados en el circuito MVIE104 durante el periodo Mar-2020 a Dic-2021.

Esta investigación se enfocó en las siguientes características:

1. Frecuencia de los reportes de averías.
2. Tiempo de respuestas de los reportes.
3. Alcance de las averías.
4. Calidad de la información en el cierre de las OS.
5. Perdidas en la facturación por energía no servida.

A continuación, detallaremos los diferentes sistemas corporativos que fueron indagados para recopilación de las muestras al igual que la metodología utilizada para analizarlos.

- **Extracción de Sistema de IBM Cognos Analytics**

Este sistema facilita realizar extracciones de las OS comerciales que se han generado, permitiendo filtrar específicamente los datos que se requieren analizar. Para el periodo comprendido entre Mar-2020 y Dic-2021, se resolvieron 5,300 OS de normalizaciones. Para la extracción se seleccionaron los siguientes tipos de OS:

- TO438 - Normalización Suministro en altura (6 OS)
- TO558 - Confirmación Normalización Fallida (205 OS)
- TO662 - Readecuación de Suministro (1918 OS)
- TO680 - Normalización Suministro Medido BT (3171 OS)

En la figura 1 podemos visualizar el escritorio de la aplicación IBM Cognos Analytics.

DESC_CIRCUITO	NIS	NIS	NIS	Estado Suministro	Numero Medidor	Marca Medidor	CT	Código Tipo Orden	Tipo de Orden	Numero Orden Servicio	Estado Orden	Fecha Generacion	Fecha de Ultimo Estado	Nombre Responsable	Comentario Vista
<DESC_CIRCUITO>	<NIS>	<NIS>	<NIS>	<Estado Suministro>	<Numero Medidor>	<Marca Medidor>	<CT>	<Código Tipo Orden>	<Tipo de Orden>	<Numero Orden Servicio>	<Estado Orden>	<Fecha Generacion>	<Fecha de Ultimo Estado>	<Nombre Responsable>	<Comentario Vista>
<DESC_CIRCUITO>	<NIS>	<NIS>	<NIS>	<Estado Suministro>	<Numero Medidor>	<Marca Medidor>	<CT>	<Código Tipo Orden>	<Tipo de Orden>	<Numero Orden Servicio>	<Estado Orden>	<Fecha Generacion>	<Fecha de Ultimo Estado>	<Nombre Responsable>	<Comentario Vista>
<DESC_CIRCUITO>	<NIS>	<NIS>	<NIS>	<Estado Suministro>	<Numero Medidor>	<Marca Medidor>	<CT>	<Código Tipo Orden>	<Tipo de Orden>	<Numero Orden Servicio>	<Estado Orden>	<Fecha Generacion>	<Fecha de Ultimo Estado>	<Nombre Responsable>	<Comentario Vista>

Figura 1. Sistema IBM Cognos Analytics.

- **Extracción de Informes de avisos resueltos**

Esta plataforma permitió realizar la extracción de los reportes de averías que fueron generados en toda el área de concesión de Edesur. Se extrajeron los reportes que fueron generados desde el Nov-2019 hasta Dic-2021, obteniendo un total de 3580 reportes de avería para el circuito MVIE 104. Este informe viene con todos los parámetros establecidos, entre ellos los más importantes para realizar el análisis son:

- NIS (Número de identificación de suministro) – Número único que identifica un suministro de energía. Este no cambia, aunque el cliente se mude y el número de contrato cambie.
- Alcance incidental – Hasta donde se extendió o afectó la avería.
- Descripción de causa – Posible causa de la falla o avería.
- Descripción de servicio – Acciones efectivas realizadas para resolver falla o avería.
- Fecha inicial de comunicación – Fecha y hora en la que el cliente realizó el reporte.
- Fecha final de incidencia - Fecha y hora en la que la brigada cierra el reporte.
- Observación incidencia – Redacción personal de la situación encontrada y acciones realizadas por la brigada al momento de resolver el reporte.
- **Extracción de Informes de notas de servicio**

Esta herramienta permitió extraer los casos que fueron pasados de un área a otra (Brigadas COR, de Mantenimiento o Comerciales). Este informe incluye, entre otras informaciones, el suministro asociado, la incidencia asociada, la fecha de la nota de servicio, CT asociado, motivo, alcance, una breve descripción de la falla, las acciones efectivas realizadas y la fecha de finalización de la nota de servicio.

Durante el periodo desde Ene-2020 hasta Dic-2021, en el circuito MVIE104 se generaron y resolvieron 195 notas de servicio. En la figura 2 podemos visualizar el informe de extracción de notas de servicio.

ID de Nota	Fecha	Tipo de Nota	Problema	Ubicación	Descripción
1012963 2021-10-19-19	10/10/2021	COMERCIAL (OBR)	ACOMETEDAS DESTRUIDAS	Centro de Transformación	10/10/2021 20:18:00 LUIS MIGUEL TERESA, INFORMA CABLE R2 COLGADO PENDIENTE POR LA COMERCIAL NORMALIZAR.
1017468 2021-17-06	13/07/2021	COMERCIAL (OBR)	PANEL CERRADO	Centro de Transformación	13/07/2021 21:42:00 en cabina, sistema modular con barra perra y cliente sin servicio pendiente por la comercial normalizar.
1010738 2020-19-11	27/01/2020	COMERCIAL (OBR)	ACOMETIDA EN MAL ESTADO	Centro de Transformación	27/01/2020 17:57:00 LA BOL DE LUIS MIGUEL TERESA INFORMA 8 METROS DE CABLE A3 PARA NORMALIZAR. CLIENTE SIN SERVICIO PENDIENTE POR LA COMERCIAL.
1012673 2021-21-07	14/06/2021	COMERCIAL (OBR)	SELLO FIN DE LÍNEA (COMERCIAL)	Centro de Transformación	14/06/2021 20:39:00 LA BOL DE LUIS MIGUEL TERESA INFORMA CABLE DE 100M DE CABLE A3 PARA NORMALIZAR. CLIENTE SIN SERVICIO PENDIENTE POR LA COMERCIAL.
10113714 2020-24-01	11/10/2020	COMERCIAL (OBR)	ACOMETIDA EN MAL ESTADO	Centro de Transformación	11/10/2020 13:27:00 LA BOL DE LUIS MIGUEL TERESA INFORMA CABLE DE 100M DE CABLE A3 PARA NORMALIZAR. CLIENTE SIN SERVICIO PENDIENTE POR LA COMERCIAL.
10125128 2021-10-04	20/07/2021	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	POSTE INCLINADO	Centro de Transformación	20/07/2021 19:47:00 LA BOL DE LUIS MIGUEL TERESA INFORMA CABLE DE 100M DE CABLE A3 PARA NORMALIZAR. CLIENTE SIN SERVICIO PENDIENTE POR LA COMERCIAL.
1011071 2021-11-10	06/01/2021	COMERCIAL (OBR)	ACOMETIDA EN MAL ESTADO	Centro de Transformación	06/01/2021 12:04:00 PASADA A TAYALA informa cliente con servicio directo generado pendiente por personal comercial de gestión.
1017611 2021-27-06	06/02/2021	COMERCIAL (OBR)	BAQUILITA MEDIDOR QUEMADA	Centro de Transformación	06/02/2021 20:42:00 LA BOL DE LUIS MIGUEL TERESA INFORMA CABLE DE 100M DE CABLE A3 PARA NORMALIZAR. CLIENTE SIN SERVICIO PENDIENTE POR LA COMERCIAL.
1011124 2020-19-10	06/06/2020	COMERCIAL (OBR)	MEIDOR DEFECTUOSO	Centro de Transformación	06/06/2020 17:53:00 SE LE DIÓ SERVICIO DIRECTO AL CLIENTE NO CUBRIENDO EL PROBLEMA, SE LE DIÓ SERVICIO NORMALIZADO A ESTE CLIENTE MEDIDOR QUEMADO Y ACOMETIDA EN MAL ESTADO. SE REALIZÓ UNA SUITA DE UN TIPO 750 TRANSFORMADOR ADECUADO, PARA NORMALIZAR. DE 750VA USADO.
1010989 2020-11-23	11/06/2020	MANTENIMIENTO CORRECTIVO	TRANSFORMADOR QUEMADO	Centro de Transformación	11/06/2020 09:56:00 LA BOL DE LUIS MIGUEL TERESA INFORMA CABLE DE 100M DE CABLE A3 PARA NORMALIZAR. CLIENTE SIN SERVICIO PENDIENTE POR LA COMERCIAL.

Figura 2. Ejemplo de extracción de notas de servicio (Edesur, 2021).

Extracción de QGIS Desktop

En este sistema se realizó la extracción de los CT (centros de transformación) que están conectados al circuito MVIE104 para promediar la cantidad de clientes que hay por cada CT. Este valor se utilizó para estimar las pérdidas por el tipo de averías que afectan los CT y el conductor secundario.

- Total de suministros en el circuito MVIE104: 9669
- Total de transformadores en el circuito MVIE104: 321
- Promedio de clientes por transformador: 30

Análisis de los datos

Debido a la naturaleza de cada informe, las extracciones de cada sistema corporativo fueron analizadas de manera independiente.

Análisis de Sistema de IBM Cognos Analytics

Para el análisis primero se procedió con la adecuación del informe de OS de brigadas comerciales, agregándole 4 columnas de interés para resumir el análisis:

- Tiempo de resolución – Diferencia entre la fecha y hora de generación y resolución.
- Comentario homologado – Debido a la limitada información al cierre de la OS, se debió revisar cada OS y adecuar el comentario para determinar el alcance y la causa.
- Alcance – Hasta donde se extendió la falla o avería.
- Causa – Posible causa de la avería.

Luego se crearon tablas dinámicas con los datos obtenidos y debajo se observan las variables analizadas:

- OS recurrentes: se resaltaron los NIS duplicados para determinar cuáles han sido intervenidos en repetidas ocasiones. Esto nos da una imagen de la calidad del servicio ofrecido.
- Tiempo de respuesta por alcance de avería: se agruparon las OS por alcance para analizar el tiempo de respuesta por tipo de avería. Esto se utilizó para estimar el monto de las pérdidas en facturación por energía no servida.
- Fallas más frecuentes: se puede visualizar en las gráficas cuales son las averías más frecuentes y sus causas. Esto sirvió de apoyo para proponer medidas para disminuir la incidencia de estas.

Análisis de Informes de avisos resueltos

Se realizó la extracción de los avisos resueltos en el circuito MVIE104 desde noviembre 2019 hasta noviembre 2021 y se obtuvieron 1525 reportes.

El primer paso fue dividir los avisos que fueron resueltos por las brigadas del COR, las brigadas comerciales y las de mantenimiento de redes. Luego se agregaron las columnas de: Tiempo de respuesta, Comentario homologado, Alcance real, Defecto y Causa. Con esta información se procede a realizar el mismo análisis que en el caso anterior: determinando las fallas más frecuentes, el tiempo de respuesta y los clientes con avisos recurrentes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Órdenes de servicio comerciales

Las órdenes de servicio (OS) comerciales se generan a partir de una falla o avería que ha sido reportada solo por un cliente. Si el sistema recibe otro reporte de la misma situación en la misma zona en un plazo de 15 minutos, el sistema entiende que es una avería generalizada y son tratadas por las brigadas de operación local (OPL) del centro de operaciones de la red (COR), este reporte es asociado a la misma incidencia del primer reporte.

Durante el periodo comprendido entre Mar-2020 y Dic-2021, en el circuito MVIE104 se resolvieron 5,300 órdenes de servicios comerciales de normalización. En la figura 3 se observa el detalle de los resultados generales de los alcances de las averías.

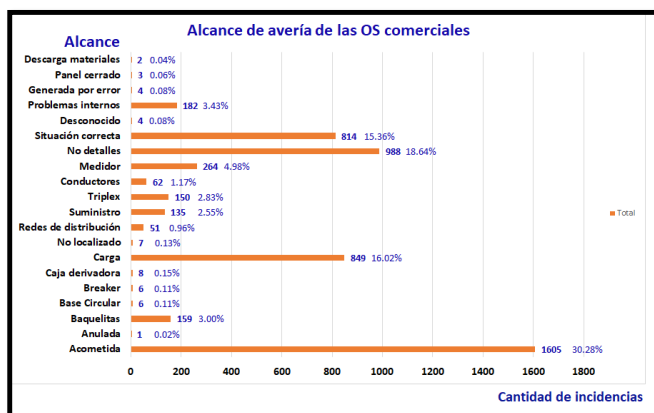


Figura 3. Alcance general de averías de OS comerciales (Edesur, 2022).

De los resultados obtenidos, se analizaron los relacionados a acometida, carga, medidor, no detalles, problemas internos, situación correcta y triplex, las demás se obviaron debido a la poca incidencia.

Averías de Acometida

Las acometidas vienen en presentaciones concéntricas monofásicas (8/2- 2 conductores calibre 8) y doble monofásicas (6/3 – 3 conductores calibre 6). Los conductores de fase

utilizan cables de 7 hilos. Sin embargo, el conductor que se utiliza como neutro está envuelto alrededor de los conductores de fase y cuenta con 14.16 hilos. En la figura 4 podemos ver el detalle de las causas de averías asociadas a las acometidas.

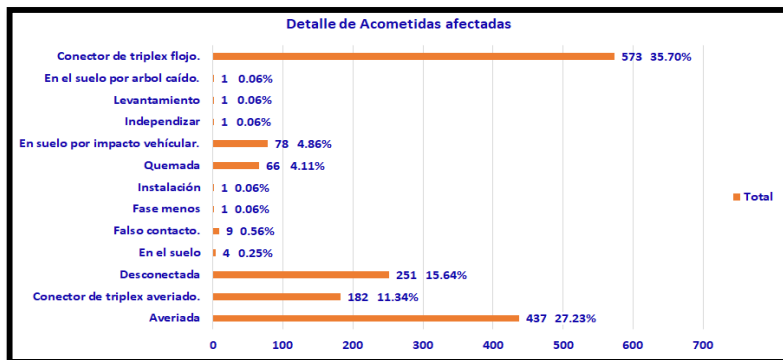


Figura 4. Detalle de averías en acometidas (Edesur, 2022).

Existen causas que no ameritan ser tomadas en cuenta por la poca incidencia que tienen. En la tabla 1 vemos las causas que serán resaltadas para el análisis.

Tabla 1. Causas de averías en acometidas a resaltar

Averías en acometida	
Avería	437
Conector de triplex averiado	182
Desconectada	251
Quemada	66
En suelo por impacto vehicular	78
Conector de triplex flojo	573
Total general	1605

Nota: Edesur 2022

La distribuidora actualmente utiliza acometidas concéntricas de aluminio. En la figura 5 podemos visualizar un ejemplo de estas. Los colores de los aislantes de los conductores pueden variar.

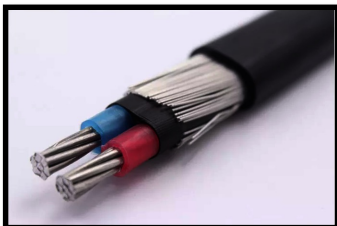


Figura 5. Acometida 6/3 concéntrica de aluminio (Alibaba, s.f).

En las figuras 6 y figura 7 podemos ver las fichas técnicas de las acometidas concéntricas de aluminio de conductores 8/2 y 6/3, respectivamente.

CONDUCTOR CONCENTRICO DE ALUMINIO 2 X #8		
DATOS	UNIDAD	PEDIDO
Norma de fabricación y ensayos	----	ASTM B800, ASTM B801, NFPA 70 (NEC) Numeral 310, UL 854, UL 44, ISO 2859-1
Conforme a Especificación Técnica	----	Conductores Concéntricos de Aluminio
Material	----	Aleación Al (serie 8000)
Aislamiento de la chaqueta exterior	----	PVC, protec. UV retardante a la flama
Protección a la intemperie	----	Resistente a los rayos UV
Características Dimensionales		
Fase	----	
Nº de hilos	----	7
Diámetro hilo	mm	1.234
Diámetro de fase	mm	3.71
Espesor aislamiento	mm	1.52
Color de la fase	----	Negro, rojo, azul
Neutro	----	
Nº de hilos	----	14-16
Diámetro hilo	mm	0.816 - 0.873
Características Eléctricas		
Intensidad máxima admisible	A	45
Voltaje nominal	V	600
Resistencia eléctrica máxima con C.C. 20°C	Ω/ km	3.44

Figura 6. Ficha técnica de acometida de aluminio 8/2 (Normas Técnicas, 2021).

CONDUCTOR CONCENTRICO DE ALUMINIO 3 X #6		
DATOS	UNIDAD	PEDIDO
Norma de fabricación y ensayos	----	ASTM B800, ASTM B801, NFPA 70 (NEC) Numeral 310, UL 854, UL 44, ISO 2859-1
Conforme a Especificación Técnica	----	Conductores Concéntricos de Aluminio
Material	----	Aleación Al (serie 8000)
Aislamiento	----	XLPE
Aislamiento de la chaqueta exterior	----	PVC, protec. UV retardante a la flama
Protección a la intemperie	----	Resistente a los rayos UV
Características Dimensionales		
Fase	----	
Nº de hilos	----	7
Diámetro hilo	mm	1.555
Diámetro de fase	mm	4.65
Espesor aislamiento	mm	1.52
Color de la fase	----	Negro-Rojo/Negro-Azul/Rojo-Azul
Neutro	----	
Nº de hilos	----	15 - 20
Diámetro hilo	mm	0.93 - 1.07
Características Eléctricas		
Intensidad máxima admisible	A	60
Voltaje nominal	V	600
Resistencia eléctrica máxima con C.C. 20°C	Ω/ km	≤ 2.168

Figura 7. Ficha técnica de acometida de aluminio 6/3 (Normas Técnicas, 2021).

De esta línea tenemos un conjunto de averías que son estudiadas, analizadas y mejorados los servicios de atención al cliente (Normas Técnicas, 2021). Las siguientes son averías con detalles:

Averías de acometidas en conectores de perforación

Los conectores de perforación se utilizan para acoplar los cables de la acometida al triplex. Este conector está dentado en el interior, lo que permite que dichos dientes penetren el aislamiento de los conductores, cuando es apretado, para lograr la conexión eléctrica con los cables. Suelen ser de cobre o aluminio, al igual que los conductores, y expuestos a los elementos y al calentamiento por el flujo de corriente, suelen sulfatarse y poco a poco van perdiendo el contacto con los conductores.

Averías en conductores de acometidas

Por lo general en las conexiones de la acometida con el triplex, quedan expuestos partes de los conductores, lo que disminuye la vida útil del cable por interacción con el medio ambiente. De igual forma, cuando los medidores no tienen el conectar de agua para evitar que se introduzca agua, se exponen los conductores a la humedad.

Averías de acometidas desconectadas

Luego de revisar estas OS se confirmó que el 93% son OS de readecuación de suministro que fueron generadas y resueltas luego de la instalación del servicio o de un aumento de voltaje. 251 de las 1605 averías relacionadas a acometidas indican que la acometida estaba desconectada.

Averías de acometidas en suelo por impacto vehicular

Estos casos de acometidas impactadas por vehículos se producen generalmente donde el tendido de baja tensión no se encuentra a la altura establecidas en las normas actuales. 78 de los reportes de acometidas averiadas corresponden a casos donde ha sido impactada por un vehículo y se han caído.

Averías de acometidas quemadas

Los casos de acometidas quemadas son los menos recurrentes de los casos que tienen mayor incidencia. Esto se debe a casos donde ha habido un corto circuito o sobrecarga en el suministro de los clientes.

Averías sin detalles

En estos casos los técnicos cerraron las órdenes de servicio sin dar detalles de la situación encontrada ni las acciones realizadas. Es uno de los mayores inconvenientes detectados, pues no hay forma de darle seguimiento a las problemáticas que presentan los clientes. En la figura 8 tenemos un ejemplo de cierre de órdenes.

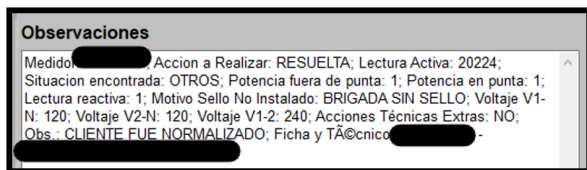


Figura 8. Cierre de órdenes sin detalles.

Averías que indican situación correcta

En estos casos, al momento en que el técnico visita al cliente, indica que el suministro se encuentra en situación correcta o indican que el cliente estaba normalizado.

Averías en la carga

El empalme entre la salida del medidor y la carga del cliente es un punto de alta incidencia de avería, puesto a que en gran parte de los casos no están correctamente protegidos con cinta adhesiva eléctrica, acelerando el proceso de deterioro de los conductores. En la figura 9 tenemos el detalle de averías en la carga.

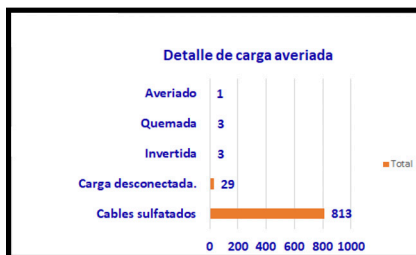


Figura 9. Detalle de averías en la carga (Edesur, 2022).

En estos casos se debe orientar al cliente del correcto mantenimiento de su instalación pues desde la salida del medidor el cuidado es responsabilidad del cliente.

Averías en el punto de medida

En la figura 10 vemos el detalle de las averías en los medidores. Los casos de medidores averiados y/o quemados no indican que pudo haber causado dicho evento.

En los casos donde no se encuentra el medidor en el terreno, 57 de 118 indica que dejaron al cliente directo, pero el 61 restante no hace mención de la condición en la que quedó el suministro.

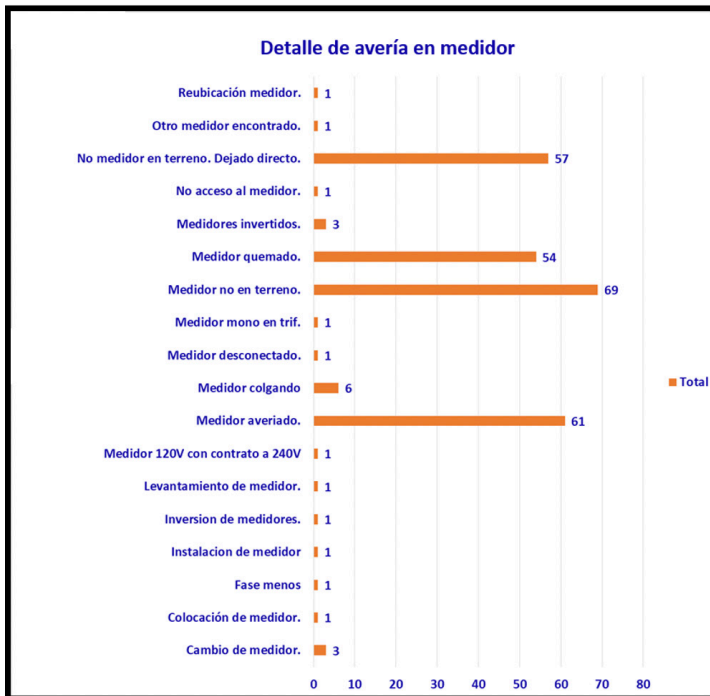


Figura 10. Detalle de averías en el medidor (Edesur, 2022).

Averías por problemas internos

En estos casos los técnicos han verificado que los suministros se encuentran en condición normal, pero el cliente aún sigue con inconvenientes y se les recomienda

contratar un electricista particular que haga una revisión de sus instalaciones internas, pues hasta la salida del medidor esta todo correcto.

Averías en las baquelitas

Las baquelitas sirven de soporte dentro de la base porta contador para sujetar el medidor y además como punto de interconexión entre acometida-medidor-carga. Cada baquelita consta de 2 clavijas a presión para insertar el medidor y 2 borneras para conectar los cables de la entrada y salida. En la figura 11 vemos el detalle de las averías relacionadas con las baquelitas.

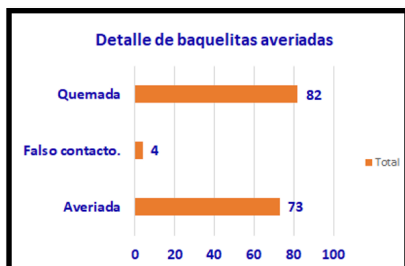


Figura 11. Detalle de averías en las baquelitas (Edesur, 2022).

Los casos de baquelitas averiadas corresponden a situaciones en que las clavijas han perdido la presión, los tornillos no aflojan o están corridos, o casos en que las baquelitas están rotas. Los casos de baquelitas quemadas incluyen también las que se ven recalentadas o parcialmente derretidas, ya sea por sobrecarga o calentamiento proveniente del medidor. En la figura 12 tenemos una imagen del tipo de baquelitas utilizadas.

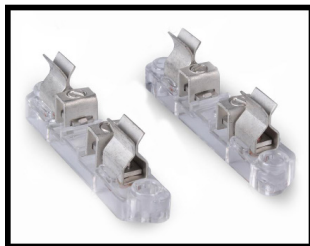


Figura 12. Modelo de baquelitas utilizadas (Alibaba, 2022).

Averías en el triplex

El conductor triplex es el cable trenzado que se utiliza como alimentador secundario en la parte de baja tensión de las redes de distribución. Este consta de 3 conductores trenzados compuestos por 2 fases aisladas y 1 neutro descubierto.

Tiempo de respuesta promedio por tipo de orden de servicio

De acuerdo al artículo 431 del Reglamento para la aplicación de la Ley General de Electricidad, cuando el cliente notifica a la empresa que le brinda el servicio eléctrico de alguna irregularidad en el suministro, dicha empresa tiene un plazo no mayor a 48 horas para atender dicha irregularidad (Superintendencia de electricidad, 2007).

Órdenes de servicio recurrentes

Al analizar las OS se determinó que, de las 5,300 órdenes resueltas, solo están asociadas 3,097 suministros, lo que implica, que hay varias OS de normalizaciones que se han ejecutado en el mismo suministro.

Estimación de pérdidas por energía no servida por averías en OS comerciales

- Promedio de consumo mensual de clientes del circuito MVIE104: 176.6 kW
- Promedio de consumo por hora: 48 Horas

Órdenes de servicio del COR (Centro de Operación de la Red)

Recordamos que las ordenes de servicio del COR son los reportes de averías que fueron notificados por varios clientes de la misma zona, dándole a entender al sistema que es una avería generalizada.

Detalle de averías en los transformadores

Debido al gran volumen de averías y sub causas relacionadas con los transformadores, primero se desglosan los defectos encontrados y luego se detalla la causa de cada defecto.

- Detalle de bajantes averiados
- Detalle de fusibles disparados y cut-out averiados
- Detalle de averías en conductores primarios

En sistema de distribución de energía eléctrica los conductores primarios se utilizan para llevar la energía desde la subestación hasta los transformadores (Cervantes,1995), que alimentan los conductores de baja tensión.

- Detalle de fusibles de líneas quemados o disparados
- Detalle de jumper de línea abierto
- Detalle de averías alojadas a los suministros de los clientes

Aunque no debería suceder, existen ocasiones en que el sistema no discrimina correctamente el alcance la avería y hay casos donde las brigadas del COR visitan un cliente en particular por la falla.

Tiempo de respuesta promedio por alcance de las averías

De acuerdo al artículo 431 del reglamento para la aplicación de la ley general de electricidad, cuando el cliente notifica a la empresa que le brinda el servicio eléctrico de alguna irregularidad en el suministro, dicha empresa tiene un plazo no mayor a 48 horas para atender dicha irregularidad (Superintendencia de Electricidad , 2007).

Reportes de averías recurrentes

Durante el análisis de los reportes, se determinó que, de los 1,525 reportes, solo están asociados 810 suministros, lo que implica que hay varios reportes realizados por el mismo suministro. Realizamos un filtro con la cantidad de reportes por suministro y tenemos un rango desde 1 OS por suministro hasta 17.

Estimación de pérdidas por energía no servida en OS COR

- Total de suministros en el circuito MVIE104: 9669
- Total de transformadores en el circuito MVIE104: 321
- Promedio de clientes por transformador: 30
- Estimación de pérdidas por averías en transformador y conductor secundario.

CONCLUSIONES

- Luego de evaluar las diferentes causas de averías las OS (ordenes de servicio) comerciales se determinó que la mayor incidencia de averías se debe a fallas en los conductores de acometida. Pues 2,454 de los 5,300 (46%) reportes están relacionados a la acometida o la carga. El punto de conexión de la acometida con el triplex queda expuesto al medio ambiente, facilitando el deterioro del aluminio. Aunque la carga es responsabilidad del cliente, por norma, la empresa debe de colocar 1 metro de conductor a la salida del medidor para que el cliente pueda realizar la conexión de su carga, y este es otro punto crítico de averías.
- Dado el nivel de humedad de nuestro país, los conductores de aluminio resultan ser muy vulnerables al deterioro prematuro. A esto se le suma el hecho de que no se toman las medidas adecuadas para aislar los empalmes, disminuyendo la vida útil de estos. Por su construcción, los conductores de neutro de las acometidas son los más afectados, ya que los filamentos son más finos que los conductores de fase y son más vulnerables al deterioro.
- Al momento de analizar la data extraída, se presentaron varios inconvenientes con la información plasmada en las ordenes de servicio, pues esta era muy limitada y en casi el 20% de las OS, no se daban detalles de la situación encontrada ni de las acciones efectuadas. Esto representa un gran inconveniente al momento de dar seguimiento a los suministros pues se desconoce la condición actual. De igual manera entendemos que esto es una de las causas principales de las OS recurrentes, siendo la primera la falta de materiales (Grainger, 1996).
- Aunque existen un gran número de órdenes de servicio, las pérdidas en la facturación son relativamente bajas. Se estima que en el periodo evaluado las perdidas en facturación solo fueron de RD\$ 57,803.25. El monto real debe ser inferior al indicado, debido a que se asumió que en todos los reportes el cliente estaba sin energía.
- Al evaluar las causas de los reportes de averías que fueron resueltos por las brigadas del COR (Centro de operación de la red), se determinó que casi el 60% de los reportes están relacionados con defectos relacionados a los transformadores.
- Seguido de esto van los inconvenientes en los conductores primarios con 222 casos (14%), que en su mayoría están asociados a fusibles disparados o quemados.

- Debido a que estas averías involucran más clientes afectados, en comparación con las OS comerciales, las pérdidas en la facturación son mayores. Para el periodo evaluado las pérdidas por fallas en el transformador y el conductor secundario fueron de RD\$ 268,647.75. No se pudo realizar la estimación de las pérdidas por avería en los seccionadores ni los conductores primarios debido a que no pude determinar la cantidad de clientes asociados a estos.
- El sistema de recepción de los reportes de averías discrimina bastante bien los casos que corresponden a la comercial y los que corresponden al COR, debido a que la incidencia de casos que fueron transferidos de un área a otra son relativamente bajas.

Propuesta de protocolo para el tratamiento de las averías

1. El cliente se comunica con el call center u otro canal para reportar el incidente y el agente del call center genera un aviso en el sistema SGD.
2. Si el sistema no recibe otro aviso de falla de otro cliente asociado al mismo centro de transformación que el primer cliente en un tiempo de 15 minutos, se cierra el aviso y se genera una OS comercial en el sistema SGC para que sea ejecutada por el centro técnico correspondiente. En caso de que se reciba más de un aviso del mismo centro de transformación, el reporte inicial será trabajado por las brigadas de operación local de Edesur.
3. La brigada actuante debe documentar de manera detallada la situación encontrada y la posible causa de esta, también debe tomar fotos de esto con un periódico del día y el número de contrato del cliente que realizó el reporte. La brigada también debe documentar las acciones realizadas y tomar fotos del resultado. En caso de que se le haya dado servicio provisional al cliente, se debe indicar si es necesario realizar otra visita para normalizar al cliente. En el sistema se debe habilitar una opción para que se genere una OS de normalización de manera automática cuando haya servicio provisional.
4. Si la brigada comercial que realiza la visita resuelve la situación se cierra el aviso con la información de la situación encontrada y las acciones realizadas, pero si encuentra una situación que amerite la intervención de una brigada de redes entonces se cierra la OS comercial y se genera una nota de servicio.

5. Las notas de servicios son recibidas por las brigadas de mantenimiento de redes cuando amerita la sustitución de algún componente de las redes de distribución.
6. Se debe evitar al máximo realizar visitas múltiples para resolver un problema, por esto si la primera brigada que visita puede resolver, ya sea en las redes o en las acometidas, que lo haga bajo los mismos criterios que en el paso no. 3.
7. Los supervisores de los centros técnicos deben dar seguimiento a los informes de OS reincidentes que se recibe de manera continua de la Gerencia Técnica Centralizada.

REFERENCIAS

- Cervantes, J. D. (1995). *Sistemas de distribución de energía eléctrica*. México.
- Edesur. (2021). Reportes Edesur. San Cristóbal.
- Edesur. (2022). Reportes OS. San Cristóbal.
- EDESUR, S. (2022). *Recorrido del circuito MVIE104*. San Cristóbal.
- Espinosa y Lara, R. (1990). *Sistemas de Distribucion*. México D.F. Limusa.
- ESPINOZA, N. B. (2016). *Mejoramiento del Sistema Eléctrico de la ciudad de Puerto Maldonado en media tensión*. Cusco, Perú.
- Grainger, J. &. (1996). *Analisis de Sistemas de Potencia*. Mexico: McGraw-Hill. Inc.
- Normas Técnicas. (2021). Planilla de datos Garantizados. Edesur .
- Superintendencia de Electricidad. (2001, 2007). *Ley General de Electricidad No. 125-01*. Santo Domingo.

PRINCIPALES FACTORES QUE AFECTAN EL DESARROLLO Y CONSTRUCCIÓN DE PLANTAS FOTOVOLTAICAS A GRAN ESCALA INTERCONECTADAS AL SISTEMA ELÉCTRICO NACIONAL INTERCONECTADO (SENI) EN LA REPÚBLICA DOMINICANA

Jasiel Santana¹, Gualberto Magallanes¹, José Andrickson¹

¹ Instituto Especializado En Estudios Superiores Loyola (IEESL). San Cristóbal, RD

Autor de correspondencia: jandrickson@ipl.edu.do

RESUMEN

Al momento de haberse realizado esta investigación, la Republica Dominicana ha experimentado un desarrollo relativamente lento en la construcción de plantas fotovoltaicas a gran escala para interconexión al SENI, desde la promulgación de la Ley 47-07 y su reglamento de aplicación. Esto se observa durante los procesos de Concesión Provisional y Definitiva, en donde se observa una lista considerable de proyectos en carpeta con la CNE, sin embargo, muchos de éstos no han logrado avanzar (en el caso de las Concesiones Provisionales). A pesar de que, para ambos casos, se han mantenido en esta situación de estancamiento durante varios años, la mayoría de los que han obtenido su Concesión Definitiva aún no han iniciado sus etapas de construcción. La finalidad de la presente investigación es analizar los principales factores que afectan el desarrollo y construcción de estos proyectos, desde cada actividad del proceso general, las leyes y procedimientos regulatorios relacionados, histórico de las situaciones que se presentaron a nivel regulatorio desde el punto de vista de la CNE y un caso de estudio sobre la experiencia de uno de estos proyectos ya terminado y en operación. Con todo esto se pretende identificar las posibles causas de la situación actual y otros detalles que estén afectando negativamente estos procesos, así como identificar las rutas críticas y proporcionar algunas respuestas y soluciones.

Palabras claves: Plantas Fovoltaicas, SENI, interconexión, concesión.

INTRODUCCIÓN

Todo desarrollo de un proyecto implica organización y planificación de las actividades a realizar para lograr un objetivo en un tiempo previamente determinado. Es esta etapa

de planificación la más importante, ya que si se realiza de forma correcta se minimizan los riesgos y se logra el objetivo de forma efectiva. Esto aplica también para aquellos proyectos de energías renovables a gran escala en el país donde una serie de factores y procesos de alto riesgo pudieran poner en peligro el desarrollo de los mismos (Bersalli, Menanteau, El-Methni, 2020). Debido a esto, es importante identificarlos para así alcanzar los objetivos de su puesta en operación.

El sector de Energía y Agua en la República Dominicana va en incremento cada año. Con la entrada en operación de la planta de generación a carbón de Punta Catalina, el país estará logrando una matriz energética más diversificada que pretende mejorar la estabilidad del sistema, menor dependencia de los combustibles derivados del petróleo y mejor abastecimiento de la demanda energética (IRENA, 2021). No obstante, esta acción no refleja el compromiso que ha pactado el país en el Acuerdo de París, y tampoco en parte con la Ley 1-12 de la Estrategia Nacional de Desarrollo 2030 para la mitigación de producción de gases de efecto invernadero (Gobierno de la República Dominicana, 2012).

Según datos recopilados en la Comisión Nacional de Energía hasta noviembre del 2019, están en operación solo tres plantas fotovoltaicas (Planta Solar AIC, Monte Plata Solar y Monte Cristi Solar) que suman 89.46 MW de capacidad instalada en sus primeras fases, con las once concesiones definitivas (430 MW en total) y las nueve concesiones provisionales (273 MW en total) que ha otorgado la Comisión Nacional de Energía a empresas del sector tanto nacionales como internacionales (Gielen, et al, 2017). Se puede observar que la mayoría de estos proyectos aún no han entrado en operación a pesar de que, en el caso de las concesiones definitivas, la mayoría tienen ya años desde que se les otorgaron dichas concesiones, algunas desde el año 2012 (Comisión Nacional de Energía de la República Dominicana, 2019).

El problema consiste en que no es aceptable que estos proyectos se tomen tanto tiempo en lograr su entrada en operación después de habérseles otorgado sus concesiones definitivas. El hecho de que la entrada en operación de las plantas actuales Monte Plata Solar y Monte Cristi Solar cuyas concesiones definitivas fueron otorgadas en el 2011 y 2012, respectivamente, tardaron cinco y seis años en concluirse (Comisión Nacional de Energía de la República Dominicana, 2019). Es evidencia de una tendencia que resulta ser preocupante ya que implica un retraso en la agenda del país para cumplir de forma efectiva los objetivos planteados en el acuerdo de París y la ley 1-12 (Gobierno de la República Dominicana, 2012).

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación tuvo un Enfoque Cualitativo. Los resultados planteados no poseen ningún carácter cuantitativo o estadístico, no se manipularon variables, la recolección de datos se efectuó de manera no estandarizada y en parte se obtuvieron puntos de vista y perspectivas del problema planteado en esta investigación.

El diseño de esta investigación para los objetivos de la misma es no experimental, ya que las variables de estudio no fueron manipuladas, solo fueron observadas y analizadas tal como sucedieron (Sampieri, Fernández, & Baptista, 2014). Además, la investigación se puede considerar de los siguientes tipos: observacional, retrospectiva, y descriptiva.

Se considera Observacional ya que las leyes, reglamentos y procesos regulatorios evaluados en esta investigación son así como fueron planteados en los organismos gubernamentales consultados. Además, los datos obtenidos a través de las entrevistas realizadas describieron situaciones tal cual ocurrieron según los puntos de vistas de los involucrados. Del mismo modo se considera Retrospectiva ya que la información recopilada fue basada según registros y experiencias pasadas. Además, se considera Descriptiva ya que se describieron procedimientos, reglamentos, leyes, entre otras variables tal cual ocurrieron (OC, 2018).

La mayor parte de los datos recolectados no tuvieron medición numérica y solo se usaron para describir el estudio. Además, la delimitación de la investigación en términos de tiempo se considera a partir de la promulgación de la ley 57-07 en el año 2007, hasta noviembre de 2020 donde se recolectó el ultimo estatus de construcción de los proyectos fotovoltaicos a gran escala.

Variables evaluadas

Debido al Enfoque Cualitativo de esta investigación, la misma no presenta variables de estudio, según se explicó anteriormente, debido a que no se manipularon los datos ni se aplicaron técnicas estadísticas. Sin embargo, cabe señalar que en los Resultados de la Investigación se incluyeron algunas variables referentes a “Último Estatus de Concesiones” que, si bien tienen un análisis cuantitativo simple, el mismo solo intenta mostrar varias cualidades del problema planteado en esta investigación y así dar respuestas a varios de los objetivos. Estas variables fueron las siguientes:

- Estatus de concesiones definitivas.
- Estatus de concesiones provisionales.
- Cantidad y capacidad de las plantas fotovoltaicas en operación.
- Cantidad y capacidad de las de plantas fotovoltaicas en desarrollo.
- Etapas para el desarrollo y construcción de plantas fotovoltaicas a gran escala.

Recolección de datos

Para la recolección de datos se procedió a la Revisión de Documentos (reglamentos, leyes, reportes, estudios, memorias y publicaciones) de las instituciones del Estado pertinentes a los procesos de desarrollo y construcción de estos proyectos fotovoltaicos a gran escala. Entre estas instituciones se consultaron principalmente: la Comisión Nacional de Energía [CNE], el Ministerio de Energía y Minas [MEM], el Organismo Coordinador de la República Dominicana [OC], el Ministerio de Medio y Recursos Naturales [MIMARENA] y la Superintendencia de Electricidad [SIE].

Además, se procedió a realizar sesiones de entrevistas con representantes de la empresa bajo Caso de Estudio, y también a representantes de la Comisión Nacional de Energía para obtener sus puntos de vista y experiencias de la situación planteada en esta investigación. Estas entrevistas fueron de carácter abierto, si bien se prepararon algunas preguntas y temas centrales, los entrevistados proporcionaron abiertamente mucha información adicional que fue incluida y descrita en los resultados de la investigación.

Análisis de los datos

Debido al Enfoque Cualitativo de esta investigación, los datos recolectados en la Revisión de Documentos fueron estructurados e interpretados para elaborar una descripción detallada de todos los procesos, leyes, reglamentos y procedimientos que afectan el problema planteado de esta investigación. Sobre esta descripción se lograron responder algunas de las preguntas de investigación detalladas en las conclusiones finales, del mismo modo con los datos recolectados en las Entrevistas Abiertas.

Herramientas y materiales

Las técnicas y herramientas que se utilizaron para la recolección de datos fueron las siguientes: Revisión de documentos (reglamentos, leyes, reportes, estudios, memorias y publicaciones) y sesiones de Entrevistas Abiertas. La mayoría de los documentos

consultados fueron obtenidos a través de distintas páginas de internet de origen académico (como la IFC, Ren21 y Worldwatch Institute) y también de instituciones gubernamentales (como la CNE, la SIE, entre otras).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta investigación para el análisis del marco regulatorio se dispuso primero a determinar las leyes y procedimientos que afectan directamente el desarrollo de estos proyectos. En primera instancia, los proyectos de generación de energía eléctrica solar fotovoltaica están regidos por la Ley General de Electricidad No. 125-01 y su Reglamento de Aplicación, y específicamente la Ley Sobre Incentivo al Desarrollo de Fuentes Renovables de Energía y sus Regímenes Especiales No. 57-07 y su Reglamento de Aplicación.

Tras analizar cada artículo de estas leyes se determinó que la Ley 57-07 es una ley complementaria a la 125-01 y que todos los detalles a nivel regulatorio de los proyectos de energía renovable se rigen específicamente en la Ley 57-07.

Con la Ley 57-07, se procedió a una segunda revisión detallada para identificar los artículos que tienen una posible relación con los objetivos de esta investigación. En primera instancia, se identificaron los artículos que detallan los procedimientos y requisitos para la obtención de la Concesión Provisional, la Concesión Definitiva y el Contrato de Concesión Definitiva, los cuales son los procedimientos necesarios para recibir la aprobación del proyecto por parte del Estado.

Se procedió a analizar estos artículos y también las condiciones actuales de los proyectos fotovoltaicos que, al momento de efectuarse esta investigación, están inmersos en estos procedimientos para obtención de concesiones definitiva y provisionales, y cómo han estado cumpliendo con este reglamento (específicamente a nivel de los tiempos de ejecución).

En otra instancia, se identificaron algunos artículos de la Ley 57-07 que presentan algunas oportunidades de mejora (Gobierno de la República Dominicana, 2012). Se consultó con representantes de la empresa Soventix Caribbean SRL como desarrolladores de negocios, y también con un representante de la Comisión Nacional de Energía como Agente Regulador, para entender la perspectiva sobre la pertinencia de los distintos procedimientos requeridos para la obtención de concesiones.

En el caso de la Comisión Nacional de Energía (CNE) se realizó una entrevista al Ing. Yeulis Rivas Peña en donde se tocaron, entre otros, los siguientes tópicos: histórico en el otorgamiento de las concesiones, el caso de la moratoria Acta No. DIR-CNE-2015-005, la modificación a los procedimientos en el 2019 tras la moratoria, futuros cambios a procedimientos y temas en agenda en la CNE.

La tabla 1 muestra en resumen las estimaciones de costos y tiempos de ejecución de cada actividad. Las actividades con tiempos de ejecución marcadas por las siglas ‘TOD’ indican que dichos tiempos variaran en gran medida ya que dependen principalmente de las operaciones internas del desarrollador (ya sea por volumen de proyectos en agenda, prioridades de proyectos, cronogramas internos, planificaciones y coordinación, entre otros). Del mismo modo, los costos marcados con ‘COD’ indicaran costos operacionales del desarrollador que no pueden ser propiamente medidos objetivamente para todos los desarrolladores.

Tabla 1. Estimaciones de tiempos y costos del proceso general para el desarrollo y construcción de plantas fotovoltaicas a gran escala en la República Dominicana

Etapas 1

Actividades Generales	Actividades Especificas	Tiempo de Ejecución	Costo
Identificación de Sitios Potenciales	Solicitud de Coordinadas Catastrales y Título de Propiedad para Pre-Evaluación del Terreno	2 semanas (TOD)	50,000 RD\$ *Preevaluación
	Visita de Terrenos Potenciales	1 día de visita 1 semana de coordinación (TOD)	(COD)
	Recopilación de información de los dueños e inicio de la Fase de Negociación	2 semanas (TOD)	(COD)
Financiación del desarrollo del proyecto	Asignar Presupuesto para esta primera etapa de desarrollo de proyectos	3 días (TOD)	(COD)

Actividades Generales	Actividades Especificas	Tiempo de Ejecución	Costo
	Elaboración de Modelo de Pagos	1 semana (TOD)	(COD)
	Elaboración de Contrato de Arrendamiento o Compra (Borrador)	1 semana (TOD)	(COD)
Pre-Análisis	Pre-Análisis técnico de terrenos seleccionados	3 días (TOD)	(COD)
	Pre-Análisis financiero de terrenos seleccionado	3 días (TOD)	(COD)
	Pre-Análisis legal de terrenos seleccionados	2 semanas (TOD)	(COD)
Filtro y Selección	Selección de terrenos de mayor potencial	(TOD)	(COD)
	Análisis de Titularidad más profundo	4 semanas	200,000 RD\$ ~ 350,000 RD\$
	Avance proceso de negociación	1 ~ 2 semanas (TOD)	USD\$ 1.00 ~ USD\$ 1.50 Por m ²
	Firma de contrato de arrendamiento o compra	(TOD)	(COD)

Etapa 2

Actividades Generales	Actividades Especificas	Tiempo de Ejecución	Costo
Análisis de Costo Beneficios aproximados	Elaboración de modelo financiero básico para el proyecto	1 semana (TOD)	(COD)
	Definición y aprobación de escenarios de inversión	1 semana (TOD)	(COD)
	Mitigación de Riesgos	2 semanas (TOD)	(COD)

Actividades Generales	Actividades Especificas	Tiempo de Ejecución	Costo
	Elaboración del Cronograma Preliminar	3 días (TOD)	N/A (CID)
Análisis Técnico Preliminar	Análisis de Disponibilidad para interconexión	3 semanas	20,000 USD\$ *Estudio de todo el SENI
	Selección de tecnología y equipos preliminares principales	2 semanas (TOD)	(COD)
	Elaboración de planos y diseños preliminares	1 semana	(COD)
	Reportes preliminares de generación de energía		(COD)
	Memoria de proyecto		(COD)
Preparación Societaria	Creación de una Sociedad Vehículo especial (SPV)	30 días	1,500 USD\$
	Recopilación de documentación legal/societaria necesaria para la solicitud de concesión	(TOD)	(COD)
Marco Regulatorio y Permisos	Preparación de documentación requerida para la Solicitud de Concesión Provisional	1 semana (TOD)	---
	Depósito de documentación para Solicitud de Concesión Provisional ante la CNE	30 días lab. (Tramitación) 90 días calend. (someter al directivo CNE)	425,000 RD\$ *Estipulado en el reglamento

Etapa 3

Actividades Generales	Actividades Especificas	Tiempo de Ejecución	Costo
	Publicación de la solicitud en periódico local	5 días - meses *Bajo reglamento son 5 días	---
	Presentación de documentación complementaria requerida por la CNE	(TOD)	(COD)
	Presentación de documentación para solicitud de recurso de reconsideración ante resolución negativa	2 meses	(COD)
	Resolución favorable o aceptación de Concesión Provisional	Variable	---
Estudios y Análisis Técnico detallado	Estudio de Recurso Solar	1 ~ 2 semanas	10,000 USD\$
	Estudio de Evacuación de Energía	30 días	300,000 RD\$ 8,000 USD\$
	Estudio de Impacto Ambiental	30 días	25,000 USD\$
	Elaboración de planos y diseños más detallados	1 semana (TOD)	(COD)
	Selección de equipos y materiales	(TOD)	(COD)
Documentación Legal para la Concesión Definitiva	Obtención de permiso de municipalidad	30 días *Como mínimo, dependiendo de cada municipio	(COD)

Actividades Generales	Actividades Especificas	Tiempo de Ejecución	Costo
	Carta de no objeción de CDEEE para contrato PPA	45 días	(COD)
Marco Regulatorio y Permisos	Preparación de documentación requerida para la Solicitud de Concesión Definitiva	1 semana (TOD)	(COD)

Etapa 4

Actividades Generales	Actividades Especificas	Tiempo de Ejecución	Costo
	Depósito de documentación y Solicitud de Concesión Definitiva ante la CNE	4 meses	450,000 RD\$ 545,000 RD\$
	Presentación de documentación complementaria requerida por la CNE	(TOD)	(COD)
	Presentación de documentación para solicitud de recurso de reconsideración ante resolución negativa	2 meses	(COD)
	Resolución favorable de recomendación al Poder Ejecutivo de la Firma de Contrato de Concesión Definitiva	3 meses *Como Mínimo)	---
	Firma de Contrato de Concesión Definitiva	Variable *Depende del Gobierno	---
Estrategias de Contratación	Preparación de Contrato PPA (Power Purchase Agreements)	4 semanas (TOD)	(COD)
	Preparación de Contratos EPC (Engineering, Procurement and Construction)	4 semanas (TOD)	(COD)

Actividades Generales	Actividades Especificas	Tiempo de Ejecución	Costo
	Preparación de Contratos de O&M (Operation and Maintenance)	4 semanas (TOD)	(COD)
	Contratación y adquisición de seguros	2 semanas	Variable *Depende de la entidad financiera
	Preparación de Contrato de Financiamiento	4 semanas (TOD)	Variable *Depende de la entidad financiera
Selección de proveedores y negociación de contratos	Proceso de Licitación para Alcance de Ingeniería de Detalle del proyecto	3 semanas (TOD)	1,500 USD\$ ~ 2,000 USD\$
	Proceso de Licitación para la compra de equipos y materiales	4 semanas (TOD)	
	Proceso de Licitación de Servicios de Consultoría	3 semanas (TOD)	
	Proceso de Licitación de Servicios de Construcción	6 semanas (TOD)	

Etapa 5

Actividades Generales	Actividades Especificas	Tiempo de Ejecución	Costo
Ejecución del Financiamiento	Ejecución del Financiamiento	(TOD)	---
Plan Detallado de Gestión del Proyecto	Plan de Gestión de Riesgos	4 semanas (TOD)	1,000 USD\$ (COD)

Actividades Generales	Actividades Especificas	Tiempo de Ejecución	Costo
Plan Detallado de Gestión del Proyecto	Plan de Gestión de Comunicaciones	4 semanas (TOD)	1,000 USD\$ (COD)
	Plan de Gestión de Recursos Humanos		
	Plan de Gestión de Compras y Contrataciones		
	Plan de Gestión del Cronograma del Proyecto		
	Plan de Gestión de Costos del Proyecto		
	Plan de Gestión de Calidad		
Estudios detallados	Estudio Hidrológico	6 semanas	5,000 USD\$
	Estudio Geotécnico	6 semanas	60,000 USD\$
	Estudio Topográfico	2 semanas	3,000 USD\$ ~ 20,000 USD\$
	Pruebas de Hincado (Pull Out Tests)	3 semanas	10,000 USD\$ ~ 15,000 USD\$
Ingeniería de Detalle	Ingeniería, planos, diseños para el alcance eléctrico	4 meses	45,000 USD\$
	Ingeniería, planos, diseños para el alcance civil		
	Ingeniería, planos, diseños para el alcance mecánico		
Gestión de permisos para la construcción	Licencia de Construcción	45 días	
	Implementación de los Servicios de Consultorías Contratadas	Variable	(COD)
	Aprobación de toda la ingeniería de detalle para la construcción	6 semanas	(COD)
Logística	Compra, transporte e importación de equipos y materiales	2 meses	(COD)

Actividades Generales	Actividades Específicas	Tiempo de Ejecución	Costo
Construcción del proyecto	Construcción del proyecto	Variable	(COD)
Comisionamiento	Comisionamiento mecánico	Variable	(COD)
	Comisionamiento Eléctrico	Variable	(COD)
	Pruebas en Frio	2 semanas	(COD)
	Pruebas en Caliente	1 semana	(COD)
	Aceptación Provisional	1 semana	(COD)
	Aceptación Definitiva	1 semana	(COD)
	Pruebas de Eficiencia	1 mes	(COD)
Entrada en Operación Comercial	Permiso de interconexión (Tramites ABCDE)	120 días	(COD)

Último estatus de concesiones:

Concesiones definitivas

Las siguientes conclusiones se detallan tras analizar el estatus de los proyectos con Concesión Definitiva a la fecha de noviembre 2020:

- De los 12 proyectos que cuentan con Concesión Definitiva, solo 5 se encuentran contruidos.
- De estos 12 proyectos, solo 4 lograron obtener su Concesión Definitiva dentro de los 18 meses establecidos en sus Concesiones Provisionales, lo que significa que el resto tuvo que solicitar extensiones de sus Concesiones Provisionales.
- De los 5 proyectos contruidos, solo 2 completaron su construcción dentro del plazo de 36 meses que se otorga en los Contratos de Concesión Definitiva (a partir de la firma de Concesión Definitiva se tiene 6 meses para firmar el PPA, a partir de esta firma 6 meses adicionales para inicio de construcción de obras y 24 meses para completarlas), esto da a suponer que el resto tuvo que solicitar extensiones a sus contratos y por consiguiente sufrir sanciones o cambios.

- De los 7 proyectos aún sin construir, solo 2 están dentro de sus plazos de 36 meses de finalización de construcción.

Concesiones definitivas en trámite

Las siguientes conclusiones se detallan tras analizar el estatus actual de los proyectos en trámite de obtención de Concesión Definitiva a la fecha de noviembre 2020 de la tabla a continuación:

- De los 12 proyectos solo 5 aún se encuentran en su plazo de 18 meses de concesión (y de estos 4 están a su último mes).
- Solo 1 de estos proyectos ha iniciado actividades de construcción, siendo este Parque Solar Girasol.

Concesiones provisionales

A fecha de noviembre de 2020 la CNE cuenta con 29 proyectos con concesión provisional.

Proceso de autorización de puesta en servicio de obras eléctricas en el SENI

Este proceso está amparado bajo el Reglamento de mismo nombre emitido en la Resolución SIE-061-2015-MEM a fecha 5 de noviembre de 2015 aplicable para toda obra eléctrica interconectada al SENI. Esta resolución también deroga el anterior Reglamento bajo la Resolución SIE-02-2000 de fecha 10 de marzo de 2000.

Tras la construcción de la planta fotovoltaica el petitionerario iniciará este procedimiento para poder dar entrada comercial a la planta. El objetivo de este proceso es registrar y autorizar todos los aspectos técnicos y legales de la planta ante el Organismo Coordinador (OC) y la Superintendencia de Electricidad (SIE) así como cumplir con todos los requisitos del Código de Conexión del Sistema Eléctrico Nacional Interconectado (SENI) amparado bajo la Resolución SIE-060-2015-MEM.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados de la investigación, se presentan las siguientes conclusiones sobre el proceso de desarrollo y construcción de las plantas fotovoltaicas en el país:

- A nivel técnico se identificó un factor de impedimento para el desarrollo de estos proyectos:
 - o Las limitaciones y disponibilidad de interconexión del SENI. Debido a que el SENI en sus diferentes ramas y puntos nodales permite cierta cantidad de generación renovable, entre más proyectos se desarrollen cada vez más puntos estarían indisponibles para más generación renovable a no ser que haya cambios significativos en la infraestructura del SENI. Esto está más agravado por la situación actual de las concesiones paralizadas ya que estas tienen reservadas dichas potencias de interconexión que actualmente no se están aprovechando y que no permiten que nuevos proyectos puedan desarrollarse en sus cercanías (dependiendo del nodo y la potencia de interconexión disponible), no solo afectando los proyectos fotovoltaicos sino cualquier otro proyecto de energía renovable.
 - o Aparte del factor anterior, no se identificó otro impedimento técnico para el desarrollo de estos proyectos. En comparación a otros tipos de proyectos de infraestructura para generación de energía eléctrica a gran escala, la ingeniería de plantas fotovoltaicas no es muy compleja, por lo que no representa una barrera a los profesionales de las empresas que se dedican al desarrollo y construcción de estos proyectos en el país, tanto en los cálculos y diseños como también en la construcción de la planta. También al analizar los requisitos técnicos solicitados durante los procesos de Concesión Provisional y Definitiva, la CNE no solicita documentación técnica muy exhaustiva o ingeniería compleja para evaluar estos proyectos, más bien le dan mayor prioridad en validar la capacidad financiera de los concesionarios en poder realizar el proyecto y otros aspectos legales (tal como se observó con el tema de la moratoria y el acta CNE-AD-0001-2019). Además, durante el proceso de Autorización de Puesta en Servicio de la Obra (Tramites A, B, C y D) se tiene como objetivo lograr los valores de eficiencia y requisitos de la obra ante el OC y la SIE que generalmente no debería de ser un problema significativo si durante la construcción se siguieron correctamente la ingeniería de diseño, los estándares y las buenas prácticas de ingeniería (que en cualquier caso el Desarrollador identifica y mitiga durante el periodo de Comisionamiento).
- A nivel medio ambiental no se encontraron factores de impedimento relevantes en estos procesos, si el desarrollador realiza la debida diligencia de acuerdo con los lineamientos del MIMARENA sobre todo para el desarrollo del estudio

de impacto ambiental y el Plan de Manejo y Adecuación Ambiental (PMAA). Claramente como se identificó en el proceso de desarrollo con respecto a los permisos medio ambientales que se inician a partir de la primera etapa, básicamente al identificar que los terrenos se encuentran ubicados fuera de áreas protegidas u otras zonas de interés definidos por el MIMARENA, el desarrollador habrá mitigado los mayores riesgos relacionados a este tema. De igual forma, si se cumple con los lineamientos de la licencia ambiental, así como cualquier otra buena práctica de mitigación de daños al medio ambiente (durante la construcción), el Desarrollador evitará cualquier problema con el MIMARENA.

- A nivel social tampoco se encontraron factores negativos o impedimentos. Los proyectos de energías renovables son bien vistos por el público general, tanto a nivel de compromiso medio ambiental como el impacto social en las comunidades donde se desarrollan. Esto último debido a que en general estos proyectos se construyen en localidades poco urbanizadas donde la construcción y la operación de la planta puede generar empleos locales en las comunidades y también que inherentemente estas plantas no provocan problemas de contaminación u de otro tipo que afecten de manera perjudicial a estas comunidades.
- A nivel político se identificaron varios factores que retrasan estos proyectos:
 - o El primero está relacionado a los efectos que se producen durante los cambios de gobierno tras elecciones, ya que provocan ralentización de muchos de los procesos de toma de decisiones en los diferentes ministerios antes, durante y después de las elecciones.
 - o El segundo factor está relacionado a lo anterior, pero a mayor efecto durante la actividad de aceptación de concesión definitiva y firma de su contrato. Como se observó en el proceso de Concesión Definitiva tras el visto bueno del Directorio de la CNE el expediente del proyecto pasa al Poder Ejecutivo y aquí básicamente el proyecto cae en una pausa indefinida debido a que durante estos periodos electorales se tiene más interés y concentración de esfuerzos por parte del gobierno en la campaña electoral que en la evaluación y aceptación de estos u otros proyectos. La situación se complica aún más cuando el gobierno en curso pierde las elecciones y por ende suelen haber cambios de funcionarios y directores en todas las entidades y ministerios del gobierno.
 - o El tercer factor se podría definir como oportunismo político o malinterpretación de las leyes por parte de organismos del estado. Esto

relacionado a las situaciones que sufrió el caso de estudio del proyecto Monte Plata Solar en donde sectores del estado buscaron obtener intereses o beneficios fuera del proceso regulatorio y las leyes ya establecidas (ya sea por intereses propios o por malinterpretación de los procesos y leyes), y que perjudicaron y atrasaron el proyecto de diferentes formas, de acuerdo con lo citado en el caso de estudio evaluado y que pudo haber afectado otros proyectos similares.

- A nivel económico y financiero, se identificaron las siguientes posibilidades:
 - o Como se analizó en el caso de estudio del proyecto de Monte Plata, particularmente se vio afectado por no tener financiamiento tras la insolvencia de la empresa que lo estaba desarrollando en el momento y no poder obtener un nuevo financiamiento rápidamente, al menos en esa época, que provocó retrasos en la construcción e incumplimiento del contrato de concesión definitiva. Es posible que algunos o la mayoría de los demás proyectos que están atrasados también se vieron afectados por diversos problemas de financiamiento.
 - o Es posible que los desarrolladores tengan barreras para la obtención de contratos PPA. En un principio tras la creación de la ley 57-07 la CDEEE (el Estado) tenía un mayor interés en ofrecer estos contratos PPA, pero a través de los años se ha identificado la tendencia de ralentización al otorgamiento de contratos PPA a proyectos fotovoltaicos. Esta situación ha traído como consecuencia que desarrolladores tengan que optar a negociar contratos PPA con empresas privadas, y ya hay un sin número de factores que afectarían estas negociaciones que no fueron tocados a profundidad en esta investigación.
- A nivel regulatorio se identificó lo siguiente:
 - o Nuevamente el factor de la disponibilidad de interconexión presenta un problema regulatorio aparte del técnico debido a que la CNE ha permitido que varias de estas concesiones aun sigan vigentes después de tantos años de retraso, por razones de interés de la CNE en dar oportunidad a estos desarrolladores de concluir sus proyectos. Si bien puede ser que las penalidades no sean lo suficientemente severas, se ve necesario que la CNE empiece a revocar completamente estas concesiones sin futuro y permita el

desarrollo de nuevos proyectos bajo otros desarrolladores o concesionarios que demuestren viabilidad y capacidad en poder desarrollarlos.

- o Otro factor ya descrito es la Aceptación de la Concesión Definitiva y la firma de su contrato. El problema radica en la actividad en sí, si bien es cierto que el Poder Ejecutivo y por tanto el presidente deben de administrar correctamente las acciones del Estado, hay una redundancia en que estos proyectos de generación tengan que pasar por otro proceso más de evaluación y aceptación si se supone que la CNE y todos los otros ministerios relacionados al proceso ya evaluaron todos los aspectos del proyecto de forma meticulosa y ya han dado su aprobación. Tampoco es de ayuda que en base a la ley no se tiene definido un periodo de evaluación y aceptación predeterminado como en las demás etapas del proceso.
- o A pesar de que La ley y los procedimientos están bien definidos, aún se encuentran algunos puntos que requieren revisión. Como se observó durante la entrevista del Ing. Rivas, hay varios artículos y procesos descritos en la ley que aún no se están aplicando o presentan deficiencias: el Artículo 18 sobre el régimen retributivo, el tema de pago por potencia firme, la aplicación del Artículo 30, entre otros. Si bien tras la creación de la ley y su reglamento la CNE ha estado trabajando en resolver estas deficiencias aún se siguen viendo sus efectos negativos en el desarrollo de estos proyectos.
- o Previo al acta CNE-AD-0001-2019, el otorgamiento de Concesiones Provisionales no fue lo suficientemente riguroso. Como se identificó en esta investigación, esto provocó que se otorgaran muchas concesiones a desarrolladores incapaces de realizarlas principalmente por sus capacidades financieras. Aún se debe de validar los efectos que produjo el cambio de los procedimientos tras dicha acta y que hayan solucionado este problema.
- o A pesar de que se tienen bien definidos los artículos y reglamentos de aplicación de la Ley 57-07, se observa una desvinculación en los procesos entre las instituciones y ministerios gubernamentales que intervienen. Estas duplicidades de responsabilidades y procesos cada vez que el desarrollador debe de tratar con un ministerio diferente (por ejemplo, revisión de documentación legal tanto en la CNE, en la SIE, en el MIMARENA, etc.) en general ralentiza el proceso y se vuelve redundante.

REFERENCIAS

- Bersalli, G., Menanteau, P., & El-Methni, J. (2020). Renewable energy policy effectiveness: A panel data analysis across Europe and Latin America. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Comisión Nacional de Energía de la República Dominicana. (2019). *Otros Documentos CNE*. Obtenido de Comisión Nacional de Energía: <https://www.cne.gob.do/otros-documentos-cne/>
- Gielen, D., Saygin, D., Gáfaró, F., Portugal, I., Gutiérrez, L., & Jil, T. (2017). *Perspectivas de Energías Renovables: República Dominicana*. Abu Dhabi: Agencia Internacional de Energías Renovables [IRENA]. Obtenido de <https://www.cne.gob.do/otros-documentos-cne/estudios-irena/>
- Gobierno de la República Dominicana. (25 de Enero de 2012). Ley 1-12. *Estrategia Nacional de Desarrollo 2030*. Santo Domingo, República Dominicana.
- IRENA. (2021). (s.f.). *International Renewable Energy Agency*. Obtenido de International Renewable Energy Agency Site: <https://www.irena.org/Statistics/View-Data-by-Topic/Capacity-and-Generation/Statistics-Time-Series>
- Organismo Coordinador del SENI de la República Dominicana [OC]. (2018). *Memoria 2018*. Santo Domingo.
- Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2010). *Metodología de la investigación* (Quinta ed.). México D.F., México: McGRAW-HILL/ INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

ESTUDIO CUALITATIVO SOBRE MÉTRICAS DE PRODUCTIVIDAD PARA EQUIPOS DE DESARROLLO EN METODOLOGÍAS ÁGILES: SCRUM

David Feliz, MSc., PMP, PSM, SFC

Autor de correspondencia: davidfelizf@gmail.com

RESUMEN

Hoy en día el enfoque de desarrollo ágil es habitualmente muy usado en entornos en donde por la naturaleza del Proyecto, El Equipo no consigue expresar con claridad el alcance de este al inicio del ciclo de vida del producto. Como un intento de minimizar dichos efectos ajenos a la programación deseada, este trabajo de investigación expone, un extracto de diferentes métricas que podrían ayudar a estimar el progreso, la calidad y el estado del desarrollo del producto; con lo cual, sería posible realizar ajustes que permitan una mejor gestión del proyecto.

Palabras clave: Métrica, productividad, Scrum, equipo de desarrollo, metodologías ágiles, valor de negocio.

INTRODUCCIÓN

La Gestión de Proyectos Ágiles no es relativamente nueva y, en los últimos años ha presentado un considerable crecimiento (Schwalbe, 2012) de manera que para finales de 2012 consultoras como Gartner pronosticaban una cobertura de hasta un 80% de la participación de las metodologías ágiles en la gestión de proyectos de software; lo cual fue sostenido posteriormente con investigaciones realizadas por el PMI (Project Management Institute) durante los periodos de 2008-2011, cuyos resultados arrojaron que durante ese tiempo el uso de las mismas se había triplicado.

Esta transición implica un cambio de cultura, y el adoptar ese cambio de cultura sugiere que los individuos vayan del "Yo al Nosotros" (Hotle, Norton, & Wilson, 2014), por lo que cada miembro se responsabilice de su trabajo y a su vez, la misma recaiga sobre el equipo.

En secciones siguientes, se estudiarán ciertas métricas que de ser utilizadas ofrecerán una medida del avance del proyecto y dicho avance, induce a una idea de la productividad del Equipo. Pero ante todo esto surge la siguiente interrogante: ¿Qué realmente se entiende por productividad en un equipo ágil? Su respuesta es simple: Lo que mide la productividad de un equipo ágil es el software funcionando que se entrega al cliente (McHugh, 2012).

Por lo que dicho término representa en gran manera el meollo de esta investigación; de manera que los siguientes apartados le han sido dedicados y giran en torno a esta búsqueda.

METODOLOGÍA

La metodología de investigación en este trabajo ha consistido en la revisión sistemática de la literatura sobre las propuestas que abordasen métricas de productividad o rendimiento dentro de los equipos ágiles, comprendiendo lo siguiente:

- Artículos que intenten medir y mejorar el desempeño de sus equipos ágiles.
- Parámetros para considerar en la mejora de la calidad en ambientes ágiles.
- Propuestas sobre métricas usables y eficientes dentro de Scrum.

Dicho análisis, ha permitido sintetizar el conocimiento y los resultados arrojados por estas investigaciones, cuyo enfoque se proyecta en secciones siguientes.

Entorno ágil: Scrum

El entorno empresarial actual tan demandante exige un desarrollo de sus productos mucho más rápido (Feliz, 2018), con lo que se pueda obtener un estado anticipado de los beneficios perseguidos. Las condiciones del mercado son cambiantes y esto expone a las organizaciones a un ambiente muy competitivo, por lo que el satisfacer esa gran demanda ha conducido a que el Equipo Scrum reconozca que el éxito de este conlleva a conocer en todo momento la situación en la que se encuentra dicho proyecto. La mejor manera de poder lograr esto es a través de parámetros y/o métricas.

Existen varias técnicas y métricas para este propósito, entre las cuales, se aborda las que han sido consideradas como las más convenientes para determinar un ambiente ágil lo suficientemente productivo. Para ello, es bueno recapitular ciertos puntos sobre Scrum:

Como marco de trabajo, se podría decir que es uno de los métodos que proporciona la mejor tasa de éxito en los proyectos de entornos ágiles. Habiendo pocos artefactos, roles y pasos en SCRUM, los cuales son (Ifra & Kaur Bajwa, 2016):

- Lista del Producto (Product Backlog)
- Lista de tareas de la Iteración (El Sprint Backlog)
- Sprint(s)
- Reunion diaria (Daily Stand-up meeting)
- Release(s)
- Sprint Review
- Sprint Retrospectiva
- Equipo Scrum (Product Owner, Scrum Master, Equipo de Desarrollo).

Dentro de los diferentes enfoques de métricas ágiles podemos identificar ciertos elementos característicos algunas de ellas (Sealights, s.f):

- Métricas Kanban: están enfocadas al flujo de trabajo, de manera que se organiza y se prioriza el trabajo que próximamente va a realizarse.
- Métricas Lean: Cuyo enfoque principal es el de asegurar el flujo de valor desde la organización hasta sus clientes, de manera que se eliminen las actividades innecesarias.
- Métricas Scrum: Representan el objeto de estudio del presente documento y, cuyo enfoque principal se resume a la entrega predecible de software funcionando al cliente.

Las secciones siguientes se dedican a estudiar estas últimas.

Buenas métricas para mejoramiento de entorno de equipos en Scrum

En secciones anteriores se ha coincidido sobre la Productividad que: “¿Lo que mide la productividad de un equipo ágil es el software funcionando que se entrega al cliente” [sección I] pero, cómo poder medirla? en las subsecciones siguientes son abordadas unas métricas muy útiles para entornos de desarrollo de productos que logran medir el rendimiento de sus equipos ágiles.

Las organizaciones hacen uso de las métricas con el objeto de poder dar seguimiento al trabajo realizado, puesto que las mismas otorgan una vista que aporta una idea de lo que está siendo realizado correctamente y lo que no (Swanton & Norton, 2016). Como resultado de una recolección de datos mediante entrevistas realizadas a organizaciones con la aplicación de prácticas ágiles y, cuyos resultados habían sido muy positivos, la consultora (Gartner) ha podido establecer una serie de criterios entre los que se ha considerado uno como el pilar al momento de utilizar métricas: “Usar métricas grupales y no medir lo individual”.

Valor entregado (Value Delivered)

El Product Owner debe asegurarse de que a cada Historia de Usuario se dé un valor que represente su importancia para el negocio y los interesados (McHugh, 2012), de manera que al final de cada Sprint se tenga una magnitud que de una idea de cuanto valor se ha entregado al negocio y a los clientes.

Dicha cantidad es bien importante porque gracias a la priorización de la Lista del Producto por parte del Product Owner (para poder entregar lo más importante al inicio del proyecto), una vez avanzando en los Sprints, El Equipo de Desarrollo tendrá menos valor que entregar en las Iteraciones restantes; por lo que cualquier posible retraso afecta solo a partes menores del proyecto.

De esta manera se está siendo más eficiente con el mismo recurso de tiempo (limitado en todo proyecto de cualquier naturaleza), lo cual se traduce en aumento de la productividad.

Velocidad del equipo (Team Velocity)

Esta velocidad puede ser entendida como la rapidez con la que El Equipo Scrum completa los requisitos en cada iteración. A su vez, puede estimarse como la cantidad de puntos de Historias de Usuario completados en dichas Iteraciones.

Esto es muy provechoso porque da una visión de la cantidad de trabajo que el Equipo Scrum es capaz de lograr en Iteraciones futuras; con lo cual es posible conocer si el Equipo podrá entregar los resultados comerciales acordados en el número pautado de Sprints (Swanton & Norton, 2016).

Es bueno resaltar que esta velocidad basada en puntos de Historia de Usuarios es subjetiva, por lo que cada Equipo considera su propia escala de puntos de historia en

base a sus propias condiciones y, reconociendo que cada Equipo es diferente incluso dentro del mismo proyecto, la velocidad de un Equipo no se corresponde con otros Equipos, por lo que preferiría referirme cuidadosamente a ella como una métrica interna de cada Equipo.

Retorno de la inversión (ROI)

Es beneficioso conocer cuando el proyecto Scrum empieza a generar ingresos para la organización, esto se estima calculando los ingresos totales generados del producto versus el costo total de las Iteraciones para desarrollarlo (sealights.io, s.f). La misma puede considerarse ligada al Tiempo de comercialización del producto, que es el tiempo en que el proyecto empieza a entregar valor a sus clientes y generar ingresos.

Tiempo de entrega (Lead Time)

Conocida también como Tiempo de Espera. Esta métrica permite medir el tiempo total desde el momento en que una historia es colocada al Backlog hasta que es completada como parte de un Sprint o es liberada (sealights.io, s.f). Dicha medida aporta valor al Equipo debido a que puede ser utilizada para conocer (y ajustar, sobre todo) la adaptabilidad y capacidad de cambio del Equipo. Por consiguiente, es posible conocer el Tiempo de Entrega de un requisito una vez realizada su petición.

Burndown Chart

Esta importante métrica resulta ser una herramienta grafica que permite conocer la velocidad a la que están siendo completados los objetivos o requisitos funcionales del proyecto (Sealights, s.f). Su atractivo radica a que gracias a esta se puede extrapolar si el Equipo podrá completar el trabajo en el tiempo estimado, permitiendo adaptaciones de carga de trabajo, entre otras.

Puede ser usada de una que otra manera, pero se ha decidido que para el caso sea la siguiente:

- El calcular los días pendientes para completar las funcionalidades (en forma de requisitos) del proyecto o producto.

Calidad

Swanton & Norton (2016), sugiere hacer las siguientes interrogantes:

- ¿Está siendo el producto entregado un producto de alta calidad?
- ¿Son localizados y solventados a tiempo los problemas en etapas previas al lanzamiento del producto y antes de que llegue al cliente?

Mejores prácticas para la planificación ágil

- Haciendo uso de estas métricas para la entrega en tiempo del producto

En la sección anterior fueron tratadas las métricas que han sido consideradas como las más útiles para estimar el desempeño del Equipo de Desarrollo dentro de Scrum con la intención de poder lograr un ambiente más productivo.

En lo adelante, se exponen una serie de buenas prácticas que de ser aplicadas correctamente podrían contribuir a mejorar la entrega dentro del tiempo del producto en cuestión.

Las probabilidades de fallo que enfrenta una pobre planificación ágil están presentes y son considerables, por lo que una buena planeación aumenta las posibilidades de poder entregar el producto dentro del tiempo inicialmente propuesto y esto es realmente crítico al momento de poder considerar la finalización del proyecto. A continuación (Wilson & Norton, 2016), se enlistan las siguientes mejores prácticas como recomendaciones a seguir durante el desarrollo de un producto ágil cuyo interés principal sea el de entregar el producto dentro de los plazos previstos:

Fecha de lanzamiento fija y funcionalidad del producto flexible:

Ante cualquier eventualidad que pueda surgir se recomienda sacrificar partes funcionales del producto con la intención de poder seguir a tiempo durante la entrega y que, esta situación no afecte la fecha pactada para la misma.

El hacer lo opuesto al inicio del proyecto (fijar funcionalidad y flexibilizar lo demás) conduce a que, al ocurrir contratiempos, resulte un aumento en la duración y en el costo del proyecto; por lo que el fijar el tiempo de entrega por adelantado y, lógicamente la implementación de las funcionalidades más importantes primero optimiza la cantidad de valor de negocio que se entrega con el proyecto mientras que es mantenido el tiempo y por consiguiente se sigue dentro del presupuesto.

Podría entenderse que haciendo esto se sacrifica en gran manera la calidad del producto, siendo la realidad otra; y es que gracias a las Iteraciones de Scrum; bloques

de tiempo dentro de los cuales, el Product Owner se encarga de que sea desarrollada cada pieza de funcionalidad, de manera que se empiece por la más crítica y la que mayor valor al mercado ofrezca.

Con esto se filtra y logra una priorización del alcance, del mismo modo que solo son eliminados ciertos elementos de menor prioridad.

Planificar proyectos en torno al MVP (Minimum Viable Product):

La definición más puntual sobre el MVP según los autores Wilson & Norton (2016): “Es el conjunto más pequeño de funcionalidades que aportan valor al negocio”; es decir, las mínimas características que deben ser completadas para que la solución sea lo suficientemente útil para el cliente. Haciendo esto, nos aseguramos de que se podrá entregar la funcionalidad que es más probable que sea usada. Una buena práctica con miras a lograr el MVP de una solución consiste en hacer uso de la técnica de priorización MoSCoW:

M (MUST): Incluir las características y requisitos totalmente imprescindibles que tienen que estar incluidos ya que si no se llevan a cabo el proyecto no puede salir adelante.

S (SHOULD): Requisitos que deberán de llevarse a cabo si es posible, es decir, son requisitos importantes y de gran valor para el producto que se está construyendo y de no ser incluidos será menos efectivo.

C (COULD): Son los requisitos que podrán incluirse si no afecta a nada más, es decir, son requisitos que sería bueno tener y podrían incluirse porque no cuesta demasiado implementarlas.

W (WONT): Son características deseadas pero que están claramente fuera del alcance del proyecto.

Adherirse a la fecha de lanzamiento, no al Plan:

Esta práctica es bastante intuitiva, se desprende del criterio definido en el artículo (McHugh, 2012), que sostiene que: “La meta es poder entregar algo de valor al negocio en la fecha prevista”, y la mejor manera de lograr esto es ajustándose a la fecha de lanzamiento durante la ejecución.

CONCLUSIONES

En este documento de investigación han sido identificadas y analizadas un conjunto de métricas que servirían para el monitoreo y evaluación de los Equipos de Desarrollo en metodologías ágiles como Scrum. Dichos resultados de este análisis han permitido extraer algunas conclusiones que en lo adelante son formuladas.

El desarrollo de cualquier producto en ambientes ágiles debe ser observado y encaminado por los siguientes dos fundamentos:

- El valor que aporta el producto al Cliente.
- La entrega a tiempo de este valor.

Es por ello, que se han considerado las métricas anteriores con la intención de primero, ejercer un seguimiento continuo al equipo constructor de la solución (Equipo de Desarrollo) y, segundo, que cuya principal causa sea la entrega predecible del producto.

REFERENCIAS

- Feliz, D. (2018). *La Gestión de Proyectos desde la perspectiva conjunta de PRINCE2 y Scrum*. Sevilla, España: Departamento de Lenguajes y Sistemas informáticos, Universidad de Sevilla.
- Hotle, M., Norton, D., & Wilson, N. (2014). *The transition to agile Methods requires a culture shift from “Me” to “We”*. Gartner.
- Ifra, & Kaur Bajwa, J. (2016). Analysis of Scrum metrics in Indian SME's. *International Conference on Micro-Electronics and Telecommunication Engineering (ICMETE)*. Patiala, India.
- McHugh, S. (2012). *Measure Agile Metrics that Actually Work*.
- Schwalbe, K. (2012). *Managing a Project using an agile approach and thr PMBOK Guide*. Minneapolis, Minesota: Augsburg College.
- Sealights. (s.f). Retrieved from Powerful Agile Metrics and 1 Missing Metric [Online]: <https://www.sealights.io/software-development-metrics/10powerful-agile-metrics-and-1-missing-metric/>

sealights.io. (s.f). Retrieved from Scrum Metrics and Their Value to Scrum Teams [Online]: <https://www.sealights.io/software-development-metrics/11scrum-metrics-and-their-value-to-scrum-teams/>

Swanton, B., & Norton, D. (2016). *Use the Right Metrics in the Right Way for Enterprise Agile Delivery*. Gartner.

Wilson, N., & Norton, D. (2016). *Planning an Agile Project*. Gartner.

REDISEÑO DE UNA MÁQUINA REMACHADORA INDUSTRIAL PARA LA REDUCCIÓN DE SCRAP Y TIEMPOS DE PARADAS EN UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN DE DISPOSITIVOS ELÉCTRICOS

Gabriel Cuello¹, Jeni Brito¹, Mabel Méndez¹

¹ Instituto Especializado En Estudios Superiores Loyola (IEESL). San Cristóbal, R.D.

Autor de correspondencia: mmendez@ipl.edu.do

RESUMEN

En República Dominicana, en el parque industrial PIISA, la empresa Eaton tiene una sede que manufactura y distribuye breaker a nivel mundial. En el área de High Volume se encuentra la línea de Dx, donde se desarrolla el presente trabajo. Esta línea tiene 12 años operando y desde enero de 2022 está siendo considerada una de las líneas clave, esto se debe a la alta demanda de los estilos de breaker que se ensamblan allí. El departamento de producción ha presentado quejas porque no se están produciendo las 19,000 unidades diarias establecida como meta, se determinó que se debía a las constantes paradas, promediando 430 minutos mensuales y la alta producción de scrap provocada por la máquina remachadora, XR-043. Se midió y analizó las situaciones que presentaba el equipo por medio de Pareto, diagrama de Ishikawa y 5 por qué, determinando que la causa raíz de la máquina era por su obsolescencia. Debido a los problemas causados por la máquina XR-043, se optó por rediseñar una máquina remachadora industrial para reducir scrap y tiempos de paradas en la línea de Dx. Con el uso de Microsoft Project, SolidWorks y AutoCAD se llevó a cabo la distribución de las actividades necesarias y el diseño de todas las partes de la máquina. Con este nuevo concepto de máquina pasó a llamarse robot remachadora rotary, su nombre se debe a un brazo robot y un plato giratorio que permite la transferencia de breaker de forma más eficiente, tiene capacidad de 25,000 unidades de breakers diarios. La máquina redujo el scrap un 86% y los tiempos de paradas a un 16% respecto al antiguo diseño. Debido a la alta producción que tuvo la línea en el primer mes de la instalación se consiguieron ventas que retornaron los US \$128,000 de inversión en el rediseño.

Palabras claves: Rediseño, tiempo de paradas, scrap, mejora, automatización.

INTRODUCCIÓN

La planta MCB de EATON en República Dominicana se manufacturan y distribuyen diferentes estilos de breaker residenciales. En el área de High Volume se encuentra la línea de producción Dx, la misma tiene 12 años operando y desde enero hasta junio de 2022 está siendo considerada una de las líneas clave de toda la empresa debido a la alta demanda de los estilos de breaker que se ensamblan allí. Los estilos que se manufacturan en esta línea son Dx y Qx. El ensamblaje conlleva 58.8% de procesos manuales y 41.2% de procesos industriales, es decir, realizados por máquinas. Para poder hacer posible la manufactura de los breakers, se requiere la colaboración de un equipo de trabajo, compuesto por los departamentos de producción, mantenimiento, planificación e ingeniería (Aquino y Vivieca, 2021).

El departamento de producción ha presentado quejas al equipo de mantenimiento por las constantes paradas y scrap generado por las máquinas. Eso provoca incumplimiento porque se debe entregar 19,000 unidades diarias de breaker y solo se están entregando 14,000 unidades. La situación hizo reunir a los diversos equipos de trabajo de la línea de Dx para decretar las posibles causantes de este caso. Se determinó que la remachadora automática, XR-043, es la detractora (Emeterio, Calgagno, & Diroche, 2018).

Al realizar un análisis comparativo de las paradas de todas las máquinas de la línea por medio de gráficos de barras, se determinó que la máquina XR-043 es quien sobresale. El tiempo acumulado durante el primer semestre de 2022 es de 2,577 minutos, equivalente a un promedio de 430 minutos mensuales en paradas no programadas. Las constantes paradas se deben a la obsolescencia de componentes y diseño de la máquina, ya que tiene 18 años en funcionamiento. Otro factor importante es que se está interviniendo el equipo con paradas no programadas para realizar TPM. Esto se debe al exceso de bases rotas, gran cantidad de remaches sueltos, grasa disuelta y residuos en general.

La máquina remachadora produce muchas roturas en los breakers por desajuste mecánicos. Las roturas son vista como scrap, con un record de pérdida económica de US \$3,942 mensuales. Cuando se producen estos eventos en la máquina, hay que parar la línea para poder intervenirla. Estos eventos afectan las métricas de producción porque no se cumple con los objetivos de la empresa. A causa de los resultados de la máquina en el primer semestre del 2022, se incentivó al equipo de mantenimiento, proyecto e ingeniería a llevar a cabo una mejora de la máquina para mitigar el scrap y los tiempos de inactividad.

MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se desarrolló en la división de MCB de EATON, ubicada en el parque industrial PIISA, zona franca en los Bajos de Haina, San Cristóbal, República Dominicana.

Esta investigación es mixta ya que contempla la descripción y la investigación aplicada. Es descriptiva porque está basado en dar detalles de la problemática que presenta una máquina remachadora, especifica los modos de falla que se suelen presentar y cuales acciones son tomadas para llevar a cabo una mejora o rediseño de la máquina. Es una investigación aplicada, ya que se está implementando lo descrito durante el desarrollo del trabajo. Aquí se expone todos los detalles de lugar desde la toma de datos para llevar a cabo de implementación hasta la instalación y seguimiento de la máquina.

Las variables que se evaluaron fueron las siguientes:

- Tiempo de paradas, hace referencia al tiempo perdido o indisponibilidad de corrida en la línea de producción debido a las intervenciones en las operaciones de manufacturas.
- Cantidad de scrap, son las partes que fueron maltratada o sufrieron alguna rotura durante algunas de las operaciones y no pudieron volverse a usar para hacer una unidad de breaker. Este valor fue medido en unidades y a su vez en monedas del dólar (US \$).
- Producción, son las unidades de breaker que se manufacturan y encuentran con los estándares de calidad requeridos para ser distribuidos a los clientes. La producción diría de la línea de Dx es de 19,000 unidades entre los 3 turnos. La medición de la producción fue considerada por horas.

Para la recolección de los datos se recopilaron los tiempos de paradas llenando un “Formulario de paradas” de manera manual cada vez que el técnico intervino la máquina. Cada vez que el técnico había completado el formulario debe entregar el documento físico a la “Central de mantenimiento” donde se archivó y digitó las paradas en un documento computarizado, llamado “Reporte de Downtime” en Excel. Dicha información se obtuvo de la recolección de datos desde enero hasta junio de 2022. Los rechazos y unidades rotas de los breakeres se almacenaron en bins y al final de cada turno un encargado pesó y registró los datos obtenidos en una tabla de Excel,

llamada “Reporte de Scrap”. Dicha información fue obtenida de la recolección de datos desde enero hasta junio de 2022. Estas informaciones recopiladas fueron analizadas a través de gráficos de barras, diagramas de Pareto y de Ishikawa para conocer los defectos o paradas más comunes y así poder analizarlas más profunda y establecer un plan de acción.

RESULTADOS

Las líneas de alto volumen se subdividen en; BRC1P, BRC2P, Dx, QL y CHF, en la cual el estudio se estará realizando en la línea Dx en la máquina remachada XR-043, a la cual se hará el rediseño. La línea de Dx donde se manufacturan breakers de estilo Dx y Qx, no estaba cumpliendo con las 19,000 unidades diarias establecida como meta.

Tabla 1. Listado de equipos de la línea de Dx

Secuencia de equipo en línea	Descripción de equipo	ID de equipo
1	Ftb o prensa manual	XY-048
2	Ftb o prensa manual	XY-049
3	Remachadora automática	XR-043
4	Dieléctrica	W-1665

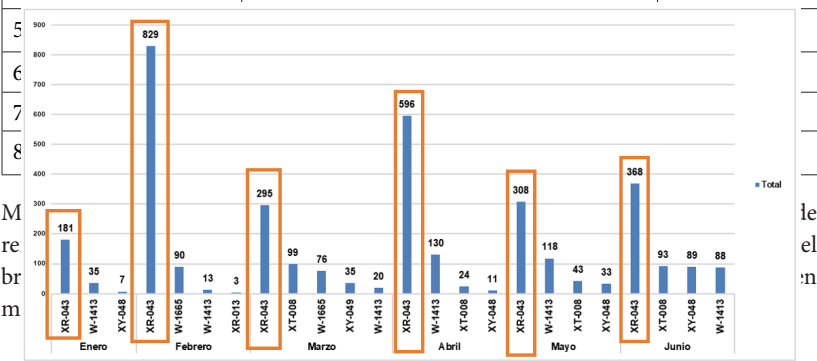


Figura 1. Comparativo de tiempo de paradas de equipos.

Siendo la XR-043 el equipo que más ha resaltado en el primer semestre del 2022, se hace énfasis en ella como caso de estudio. La remachadora automática, es la máquina que se encarga de colocar y prensar los remaches a los breakers para sellarlo entre el cuerpo del breaker, parte donde se encuentran todos los componentes que forman el mecanismo y el cover que cumple la función base inferior que recubre todo el breaker. Esta máquina consta con un sistema mecánico complejo, ya que cuenta con 4 cabezales, sistema de transferencia de breaker, estación de prensado, sistema de transferencia de remaches, sistema de visión. En la figura 2 se encuentra el plano 3D de la remachadora automática.

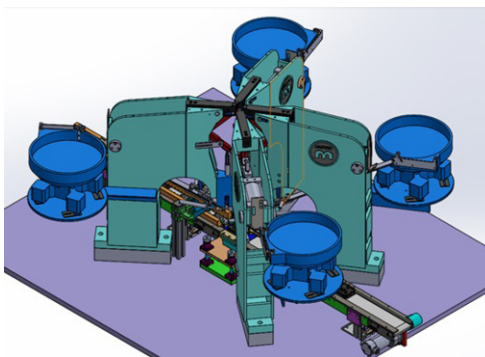


Figura 2. Máquina remachadora con diseño antiguo.

La máquina remachadora es la que tienen mayores intervenciones todos los meses, debido a su alto impacto de paradas, esto la convierte en la máquina mayor detractora debido a los defectos de sus partes y estaciones que la conforman. Se van a evaluar las causas que provocan las constantes paradas. Con el uso del diagrama de Ishikawa y los 5 porque se determinarán las posibles causantes y acciones a tomar para mitigar los prolongados tiempos de paradas.

Como se ha podido apreciar en la línea de Dx, la problemática del incumplimiento con la producción establecida es a causa de las paradas no programadas para mantenimiento correctivo y alta generación de scrap. Durante el periodo de enero a junio de 2022, se estuvo analizando y evaluando la máquina XR-043 con las paradas no programadas. Se determinó que los modos de fallas más presentes van desde la rotura de breakers hasta el desajuste de sensores, como se puede visualizar en la figura 3 se muestra de forma gráfica el Pareto de las fallas presenten y el nivel de porcentaje que presenta cada una de ellas.

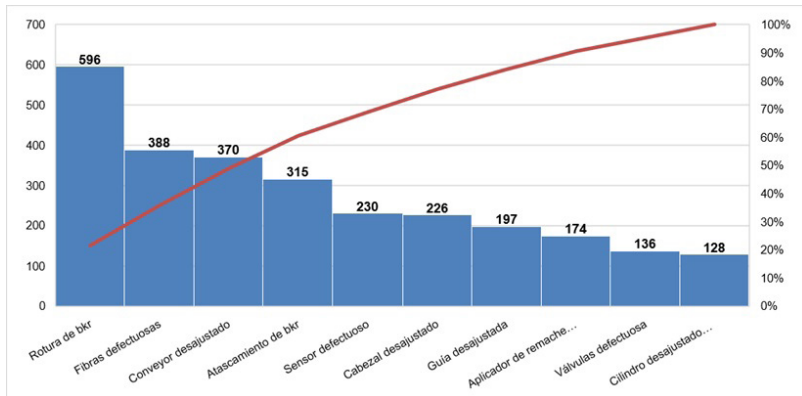


Figura 3. Pareto de modos de falla de XR-043.

Se hizo énfasis en el 80% de los modos de fallas descrito en la tabla 2. Basados en la causa raíz determinada por los diagramas de Ishikawa y los 5 por qué de cada modo de falla, el departamento de proyecto y mantenimiento concluyó que la mejor opción para mitigar los problemas presentes en la máquina remachadora XR-043, fue llevar a cabo un nuevo diseño, ya que la misma estaba obsoleta por su larga vida útil. Se evaluó dividir las estaciones de la máquina porque la mayor parte de los problemas son por causa del trabajo de estaciones agrupadas y obsolescencia de partes. Este nuevo diseño busca mitigar todas las fallas antes presentadas, reducir los tiempos de paradas no programadas por máquinas, darle un mayor empuje a la producción y reducir el scrap en la línea de Dx.

Basado en todos los modos de fallas presente en el antiguo diseño, se implementaron mejoras en la nueva máquina remachadora, tanto el estructuralmente, como en el funcionamiento de la misma, con la intención de reducir los tiempos de paradas y sobre todo tener una máquina más eficiente. Las mejoras en la nueva máquina eliminaron y redujeron algunos modos de falla descrito en secciones anteriores, en la tabla 2 se muestra un resumen de las fallas causantes, que se obtuvieron mediante el diagrama de Ishikawa y los 5 porqués y la tabla contempla mejoras implementadas en la nueva máquina robot remachadora rotary.

Tabla 2. Resumen final de modos de fallas y soluciones con nueva máquina remachadora

Modo de falla	Causa raíz	Mejora en nuevo modelo
Rotura de breaker	Combinación de varias estaciones en un solo cabezal provocan desajuste del mismo y escasez de repuestos por diseño obsoleto.	Reemplazar los 4 cabezales por una sola prensa, independizar la estación de prensado de la estación de remaches y colocar una celda de carga para controlar la presión ejercida sobre los breakers.
Fibras defectuosas/desajustada	Diseño de sistema de presencia de remaches con baja sensibilidad y exposición al mecanismo de la máquina.	Cambiar el sistema de fibras por un sistema de visión avanzado, basado en cámara. Esta detecta la presencia de remaches insertado y condiciones del cover de los breakers.
Conveyor desajustado/parte deteriorada	Diseño de conveyor y guías inadecuados.	Colocar un motor de mayor capacidad y un sistema de guías triples con ruedas y con un solo punto de ajuste en el conveyor de entrada. Esto permite un desplazamiento de breaker con menos fricción y vibración.
Atascamiento de breaker	Diseño de transferencia de breakers obsoleto.	Instalar sistema de transferencia de breakers combinado para distribuir cargas, basado en conveyor de entrada, salida, brazo robot y plato giratorio.
Cabezal desajustado	Sobrecarga y diseño obsoleto de cabezales.	Colocar estación de prensado, remaches, transferencia de breakers, en espacio separados dentro de la máquina, pero a la vez sincronizado.
Sensor desajustado/defectuoso	Espacio no adecuado para ubicación de sensores.	Eliminación de sensores de fibras, distribución organizada de los sensores y colocar módulo de conexión de sensores controlador por HMI.

Concepto de nuevo diseño de máquina remachadora

La nueva máquina propuesta es considerada como un nuevo concepto de remachadora. Se define máquina robot remachadora rotary como una máquina capaz de unir o prensar uno o más breaker mediante remaches de manera automática (Amador, 2009). Este proceso se realiza mediante un sistema integrado por un brazo robótico, una máquina de llenado, estación de remaches (Deprag), sistema de visión y prensa. Su sistema mecánico y electrónico está complementado por un plato giratorio, bases de breaker (fixture), correas transportadoras (conveyors), sensores, relays, contactores, y otros componentes.

Para llevar a cabo el rediseño, el equipo de proyecto se apoyó en programas computarizados, como SolidWorks, para diseñar cada una de las partes que integran la máquina. Esta herramienta fue de mucha utilidad porque permitió organizar y tener un método de trabajo efectivo. En la figura 4 se muestra el prototipo de la nueva máquina remachada, con dimensiones; 52 pulgadas de largo, 52 pulgadas de largo y 36 pulgadas de alto.

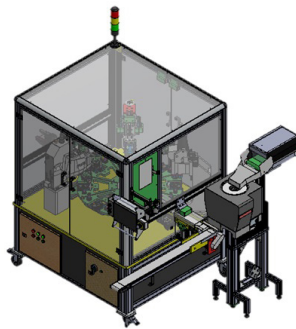


Figura 4. Prototipo de nueva máquina robot remachadora rotary.

El aumento de la producción breaker de estilo Qx y Dx fue de 5,000 unidades diarias, cantidad considerable para el valor del producto en el mercado externo, US \$14.82 cada unidad. El margen de contribución de estos breakers es de US \$4.82 por unidad, por tanto, en el primer mes de la instalación de la máquina, la empresa reportó una ganancia de US \$578,400 de breaker estilo Dx, ingreso suficiente para cubrir la

inversión realizada en el rediseño de la máquina robot remachadora rotary. De este modo queda evidenciado que fue factible hacer este tipo de mejora valorada en US \$ 128,000. Estos tipos de equipos ayudan en la generación de ganancia económicas a la empresa.

A pesar de las dificultades y situaciones que se presentaron en el desarrollo e instalación de la nueva máquina remachadora, queda evidenciado que este proyecto resultó muy innovador y exitoso en el área de manufactura de breakers. El impacto en la reducción de scrap fue muy positivo, ya que redujo el mismo un 86% y los tiempos de paradas un 38% de como estaban anteriormente. El éxito de este proyecto en EATON ha llevado el desarrollo de 12 máquinas con este nuevo diseño presentado para reemplazo de las remachadoras de otras líneas que lo ameritan. El potencial, eficiencia y presentación de la nueva tecnología de la misma cubre las necesidades que presentan líneas similares.

CONCLUSIONES

- El tiempo perdido en paradas de la remachadora XR-043 desde enero hasta junio de 2022 fue de 2,577 minutos, equivalente al 53.04% de tiempo perdido en reparación de máquina.
- La máquina robot remachadora rotary, evaluada desde septiembre de 2022 hasta febrero de 2023, presentó mejoras con los tiempos de paradas, promediando 265 minutos mensuales, teniendo un descenso de 38% respecto a la máquina XR-043.
- La división de los mecanismos y estaciones de trabajos fueron los criterios tomados en cuenta para rediseñar el nuevo modelo rotatorio de máquina remachadora de breakers.
- El costo de la máquina robot remachadora rotary es de US \$128,000, el monto sale deducido del valor de cada uno de los componentes y piezas que forman parte de la máquina.
- El nuevo rediseño de la máquina robot remachadora rotary ha reducido las pérdidas de scrap un 86%, equivalente a US \$551.88 mensuales en términos económicos.

REFERENCIAS

- Amador, H. (2009). *Rediseño de máquina remachadora para la industria de la confección en mezclilla (tesis)*. Ciudad de México, México: Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica. Obtenido de: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/10702/120.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Aquino, M., & Vivieca, R. (2021). *Flexibilidad de línea para manufacturar producto br en linea (tesis)*. San Cristóbal, República Dominicana: Instituto Especializado De Estudios Superiores Loyola.
- Calcagno, J., Diroche, L., Emeterio, M. (2018). *Propuesta de optimización mediante la reducción de scrap en una empresa manufacturera de dispositivos médicos usando la metodología DMAIC (tesis)*. San Cristóbal, República Dominicana: Instituto Especializado De Estudios Superiores Loyola.

MEJORA DE LA EFICIENCIA EN LABORATORIO DE I+D PARA REDUCCIÓN DE TIEMPOS Y COSTOS A TRAVÉS DE LA METODOLOGÍA DMAIC

Eduardo Herrera¹, Raúl Espinal¹, Francisco De León¹, Stephanie Batista¹,
Mabel Méndez¹

¹ Instituto Especializado En Estudios Superiores Loyola (IEESL). San Cristóbal, R.D.

Autor de correspondencia: mmendez@ipl.edu.do

RESUMEN

Este trabajo de investigación se centró en buscar una propuesta de mejora en el área del laboratorio de I+D de una empresa de dispositivos médicos, la cual tiene oportunidades a mejorar en la eficiencia de sus operaciones. Los objetivos responden a la necesidades tales como diseñar un plan de acción enfocado en la reducción de tiempos de entrega, modificar método de prueba para reducir el tiempo de operación manteniendo el cumplimiento regulatorio, mejorar la eficiencia de los procesos aplicando herramientas de estandarización y reducir los costos generales del área. Se utilizaron las diferentes metodologías herramientas de mejora continua las cuales pueden aumentar la productividad tales como 5S, 5 Porqués, DMAIC y optimización de procesos. Entre los principales hallazgos se encontraron que el 41.39% de las horas de retraso que provocaba el incumplimiento de los tiempos de entrega pertenece a la falta o inexistencia de materiales, La ineficiente estandarización en el laboratorio provocaba desperdicios de tiempo de aproximadamente 17.12% del tiempo total en las pruebas y que la causa principal por la que el laboratorio utiliza pruebas por método atributo en la prueba de "DPT Baipás" es debido a que no tenían equipos con la suficiente tecnología para obtener resultados variables.

Palabras Claves: Mejora continua, métodos de prueba, estandarización, eficiencia, productividad, DMAIC.

INTRODUCCIÓN

La empresa bajo investigación es una multinacional de dispositivos médicos, líder mundial en la ciencia de las válvulas cardíacas y el monitoreo hemodinámico. Su enfoque principal es ayudar a pacientes que se encuentren en cuidados intensivos, desarrollando tecnologías innovadoras que les permiten salvar sus vidas.

Además de las válvulas cardíacas, la empresa se dedica a la manufactura de Transductor de presión desechable TruWave, FloTrac, Sistema de protección del control sanguíneo venoso y arterial (VAMP), ClearSight Finger Cuff, Co-Set, Kits de monitoreo de presión invasiva (CCP), entre otros que son partes de los productos y/o familias que se manufacturan en la compañía (Edwards Lifesciences, 2023).

El área bajo estudio está denominada como Laboratorio de Investigación y Desarrollo (I+D), este se encarga de hacer y diseñar pruebas para la validación de los cambios en el diseño de los productos a raíz de ahorro de costos, cambios de proveedor, cambio de materiales, quejas de los clientes y por adaptación a las regulaciones de calidad. En la actualidad en el Laboratorio de I+D existe la necesidad de aumentar la eficiencia y la productividad en las operaciones debido a la gran demanda de cambios y pruebas requeridas por la empresa (Pensemos, 2022).

Se identificaron oportunidades de mejora entre las cuales se encuentra el incumplimiento de tiempos de entrega de pruebas, una de las principales quejas por parte de los interesados de los proyectos referentes a pruebas de investigación fue la inestabilidad e incertidumbre en los cálculos de duración de prueba. En el 2022 el proyecto relacionado con las realizaciones de pruebas no se entregó a tiempo y no se cumplió el plan que se tenía proyectado. La meta del proyecto era terminar el año con un 0% de varianza, sin embargo, el resultado obtenido fue de -17%, lo que significa que hubo un gran cúmulo de horas retrasadas en las operaciones del laboratorio de aproximadamente 338.2 horas anuales lo que representó en términos de costos una inversión en mano de obra y horas extras de RD\$608,400.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área bajo investigación está desarrollada en el laboratorio de Investigación y desarrollo de una empresa de dispositivos médicos ubicada en el Parque Industrial De Itabo, Carretera. Sánchez, Km. 18 ½, Zona Franca Industrial De Haina, Haina, San Cristóbal, República Dominicana.

La propuesta en este documento se enfocó en el análisis de datos históricos recolectados en la investigación de las causas principales de la ineficiencia y en las operaciones del laboratorio según su origen. Por naturaleza de los datos obtenidos bajos los métodos anteriormente descritos. El carácter de la investigación es cuantitativa y cualitativa.

La recolección y análisis de los datos consistió en la recolección de datos históricos de las horas atrasadas que provocaron el incumplimiento de las fechas de entrega, duración de cada paso necesario para realizar una prueba y así medir el desperdicio de tiempo a causa de no tener una estandarización en el proceso, además, medir la eficiencia correspondiente al tiempo de duración esperado y el trabajado.

El enfoque para analizar las diferentes causas y plantear diferentes soluciones fue utilizando la metodología DMAIC, se utilizó como la herramienta principal durante todo el proceso de investigación. Es una metodología para la resolución de problemas en procesos ya estructurados, esta metodología ayudó a determinar el problema raíz, analizando y buscando una solución asertiva a dicha problemática, de la misma manera, favoreció el control del proceso luego de alcanzar los criterios establecidos (calidad, 2022).

RESULTADOS

Fase DMAIC: Definición

Problemática. Incumplimiento de los tiempos de entrega

El laboratorio tuvo una varianza negativa en el plan de proyecto para el año 2022 debido a que no se pudieron entregar a tiempo las pruebas pautadas y solicitadas. Además de los días de retrasos, también inciden otros factores que representan un impacto negativo al proyecto como la baja eficiencia y altos costos. Este defecto se produce cuando algunos de los siguientes factores inciden durante el proceso de ejecución y planeación de un proyecto:

- Vencimiento de una calibración
- Fallas de un equipo
- Inasistencia del técnico encargado de realizar la prueba
- Problemas de la facilidad
- Falta de materiales y suministros para la realización de prueba

Fase DMAIC: Medición

Medición de datos en la problemática: Incumplimiento en los tiempos de entrega

En esta fase y como se muestra en la tabla 1 se investigaron los tiempos que se toma en solucionar los problemas con sus respectivas actividades que se presentan durante la realización de una prueba, estas afectan directamente el cumplimiento de la entrega, además se muestra la frecuencia con la que se presentaron cada situación durante el período investigado.

Tabla 1. Horas de retraso que generadas en 2022

Actividad	Horas que se tarda en solucionar el problema	Frecuencia Anual	Horas totales
Horas de retraso que generaron vencimientos de calibraciones.	44 horas	1 vez	44 horas
Horas de retraso que generaron las fallas de equipos.	44 horas	2 veces	88 horas
Horas de retraso que generaron las inasistencias de operadores.	4 horas	12 veces	48 horas
Horas de retraso que generaron los problemas de la facilidad.	2.6 horas	7 veces	18.2 horas
Horas de retraso por Falta de materiales y suministros para la realización de pruebas.	28 horas	5 veces	140 horas
HA= 338.2 horas anuales			

Eficiencia y horas reales dedicadas a la realización de pruebas en el laboratorio

Según los datos obtenidos por parte de la gerencia, la tabla 2 muestra las informaciones con respecto a las horas totales trabajadas en el laboratorio durante el año 2022.

Tabla 2. Tiempo trabajado en el año 2022

	Días	Horas
Tiempo trabajado en el año 2022	286	TT= 2,288

Teniendo esta información, en la tabla 3 se muestran los tiempos que no forman parte del proceso investigado, es decir indica las actividades que se realizaron durante el año que no agregaron ningún valor a la realización de pruebas. Es necesario tener en cuenta los tiempos dedicados a estas actividades ya que no son parte del proceso investigado (Incumplimiento del tiempo de entrega de las pruebas), además en su mayoría son tiempos establecidos y necesarios como parte las actividades laborales y no generan horas de atrasos.

Tabla 3. Tiempos que no forman parte del tiempo productivo dedicados a pruebas (TNP)

Tiempo de break	285.96 horas anuales
Tiempo en entrenamientos	85.78 horas anuales
Reuniones	238.3 horas anuales
Tiempo dedicado a procesos administrativos de ingeniería (Creaciones de métodos de prueba, validaciones de equipos, investigaciones, creaciones de fixtures, otros)	450 horas anuales
Actividades misceláneas (Actividades empresariales y otros)	40 horas anuales
Necesidades fisiológicas	50 horas anuales
Total	TNP= 1,149.08 horas anuales

A partir de estos datos se calcularon las Horas reales productivas dedicadas a pruebas, expresadas con la ecuación 1:

$$\text{HRP} = \text{TT} - \text{TNP} \quad (\text{Ec. 1})$$

Donde HRP= Horas reales productivas dedicadas a pruebas (Salida)

 TT= Tiempo trabajado durante el año 2022

 TNP=Tiempo que no forman parte del proceso de prueba)

HRP (Entrada) = (2,288 horas) - (1,149.08 horas) = 1,138.92 horas

A partir de estos cálculos se obtuvo que el tiempo trabajado dedicado a pruebas en el año 2022 fue igual a 1,138.92 horas. Para calcular la eficiencia de este proceso se procedió a calcular el tiempo en horas las cuales se esperaba para este proceso.

$$TE = HTP - HA \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde TE = Tiempo esperado (Entrada)

HTP = Horas totales dedicadas a pruebas

HA = Horas de atrasos).

TE (Salida): $(1,138.92) - (338.2) = 800.72$ horas

Una vez obtenidos estos datos, se procedió a calcular la eficiencia del proceso.

Eficiencia: $(\text{Salida } (TE) / \text{Entrada } (HRP)) * 100\%$

Eficiencia: $(800.72 / 1,138.92) * (100\%) = 70.30\%$

Costos de horas atrasadas en realización de pruebas del laboratorio

Teniendo en cuenta que las 338.71 horas de retraso calculadas anteriormente, En la tabla 4 se muestran los siguientes datos brindados por la gerencia del laboratorio que representan los costos en términos de mano de obra del personal que componen el laboratorio.

Tabla 4. Costo total por total por 338.71 horas de atraso

Tipo de costo	Valor estimado del costo por hora del laboratorio
Mano de obra	Nómina 3 personas = RD\$1200
Costo total por total por 338.71 horas de atraso	RD\$405,600

Fase de DMAIC: Analizar

En relación con la problemática “Incumplimiento de tiempos de entrega” se realizó un diagrama de Pareto para lograr identificar los defectos con mayor duración de tiempo y frecuencia que causan los retrasos en las operaciones del laboratorio pertenecientes a la realización de pruebas. Estos resultados fueron tabulados y graficados como se presenta en la figura 1, Se puede observar que el defecto de mayor duración es la falta de materiales y suministros para realizar pruebas con 140 horas de atrasos en el último

año lo que representa un 41.39% del total de horas atrasadas, seguido de fallas en los equipos con 88 horas de atrasos lo que representa un 26.02%, la suma de estos 2 principales defectos representa el 67.42% de todas las horas retrasadas en el año 2022.

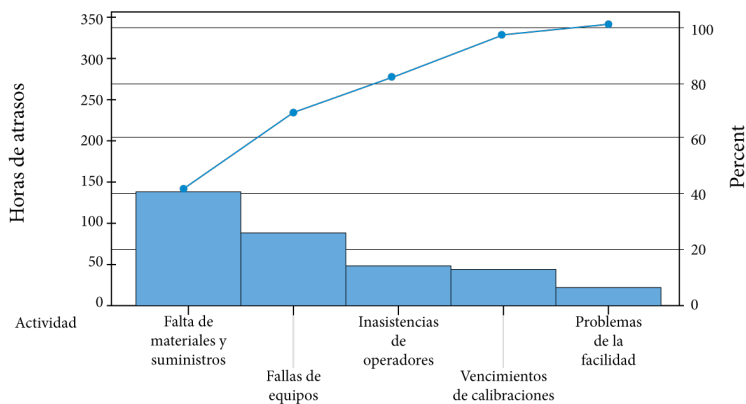


Figura 1. Diagrama de Pareto de las horas de retrasos anuales por defecto.

El Pareto mostrado en la figura 1, arrojó una clara evidencia de cuales defectos están perjudicando la eficiencia de la capacidad de entrega a tiempo del laboratorio, estos defectos son los atrasos por falta de materiales y suministro para las pruebas.

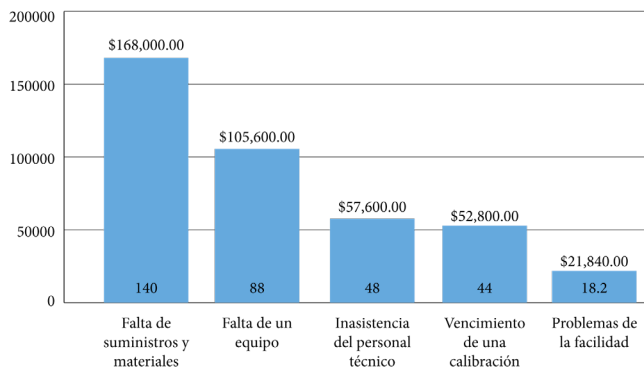


Figura 2. Diagrama de Pareto de las horas de retrasos anuales por defecto.

En la figura 2 se muestra el análisis de recolección de data donde se puede observar que por costo total por defectos principales (Falta de materiales y suministros y falla de

un equipo) encabezan la lista de costos con RD\$273,000 lo que representa un 67.31% del costo total de horas atrasadas que se generó en el año 2022 por incumplimiento en los tiempos de entrega.

A través del diagrama de Ishikawa se determinaron las posibles causas raíz de la falta de materiales y suministros al momento de realizar una prueba en el laboratorio, ya que fue el proceso con mayor duración y costo, se analizó el proceso de manera detallada, recolectando cualquier tipo de data que nos pueda ayudar a llegar a la causa raíz del problema para poder tener una idea más clara de los que sucede en el área, como se muestra en la figura 3.

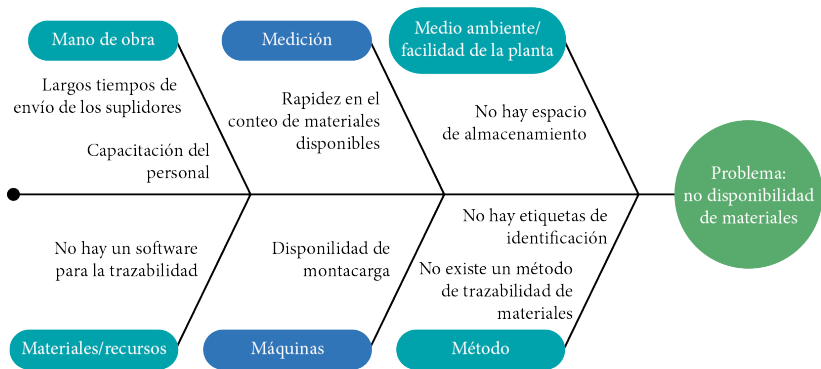


Figura 3. Diagrama de Ishikawa.

Los datos obtenidos del diagrama de Ishikawa se tabularon en la tabla 5.

Tabla 5. Identificación y análisis de causas y efectos

Categoría	Descripción	Causas	Análisis
Mano de obra	Algunos suplidores están fuera del país y la duración del envío es larga.	Tiempos de envío de los suplidores	Aunque estén fuera del país, tienen un tiempo de entrega estandarizado que no se puede cambiar.
	El personal no tiene conocimiento de manejo de inventarios.	Capacitación del personal	Esta solo ocurre cuando entra un personal nuevo o se necesita un nuevo material en el laboratorio.

Categoría	Descripción	Causas	Análisis
Materiales	No existe un software que facilite la trazabilidad de los materiales e insumos y analice el punto de reorden.	Disponibilidad de software para la trazabilidad	Esta es la principal causa de atrasos ya que si no se tiene un control de inventario organizado es imposible administrarlo de manera correcta y a tiempo.
Medición	Se hace un conteo manual por lo que reduce la exactitud del inventario.	Rapidez de conteo	Esta ocurre de manera recurrente debido a que no se tiene un sistema donde se pueda hacer el conteo del inventario con exactitud y rapidez.
Máquinas	No hay un montacargas asignado para la transportación de los materiales.	Disponibilidad de montacargas	Aunque esta ocurre de manera recurrente el desperdicio de tiempo es de aproximadamente 30 minutos. Lo cual no es significativo en comparación con las otras causas.
Método	Los materiales en el almacén no están identificados.	No hay identificación	Esta causa solo ocurre cuando el personal no conoce los materiales, lo cual no representa un riesgo para gran cantidad de horas de atrasos.
	No existe un flujo de proceso el cual seguir al momento de que se termine un material.	Proceso de trazabilidad	Esta ocurre debido a que no existe un sistema para el seguimiento del inventario de materiales.
Medio ambiente/facilidad	Debido a la mala distribución del almacén, el espacio de almacenamiento esta reducido.	Espacio de almacenamiento	Esta es una causa que no se puede controlar, ya que no existe actualmente espacio disponible para una propuesta.

Cabe resaltar que la causa del problema de la falta de disponibilidad de materiales es ocasionada principalmente por la falta de un software que indique la trazabilidad y que muestre el estado de cada material y específicamente que analice el punto de reorden, para que dependiendo el uso que se le dé a cada insumo se pueda pedir más cantidad

antes de que se termine, y así reducir el riesgo de falta de material al momento de hacer una prueba.

Fase de DMAIC: Mejorar

Para esta problemática se evaluó la instalación de un sistema computarizado para la trazabilidad de materiales y manejo de inventarios para que el laboratorio pueda tener la total disponibilidad de materiales e insumos siempre que se necesite y aumentar la eficiencia en un 40% en términos de tiempo. LabArchives es un conjunto de aplicaciones SaaS (Software as a Server) dedicadas a mejorar la ciencia que utilizan más de 590 000 científicos para gestionar y proteger datos de investigación, inventarios y gestionar recursos. Los productos de LabArchives ayudan a los científicos a documentar sus datos de investigación, probar y proteger los descubrimientos y colaborar de forma segura.

Con la implementación de LabArchives® Inventory se muestra una proyección en la reducción de tiempo causados por la falta de suministros en el laboratorio en un 93.75%, lo que indica un ahorro de 130 horas hombre anuales, esto a su vez representa una reducción de 46.39% de las horas totales anuales que causan el incumplimiento de las fechas de entrega como se muestra en la figura 4.

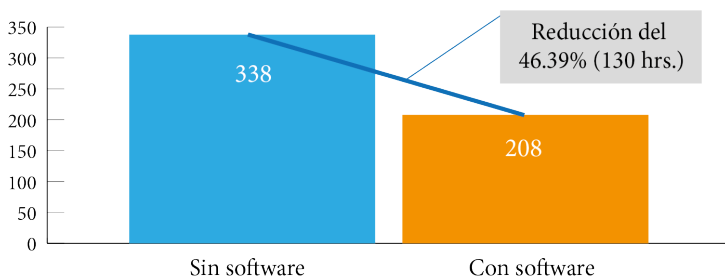


Figura 4. Gráfico de horas de retrasos totales anuales con y sin el software.

Con esta proyección del nuevo software de LabArchives® Inventory para mejorar la eficiencia y reducir las horas de atrasos en las fechas de entrega de las pruebas, el costo se reduce en un 38.46% del total del costo por horas de atrasos por un valor RD\$156,000 en el periodo de 2023.

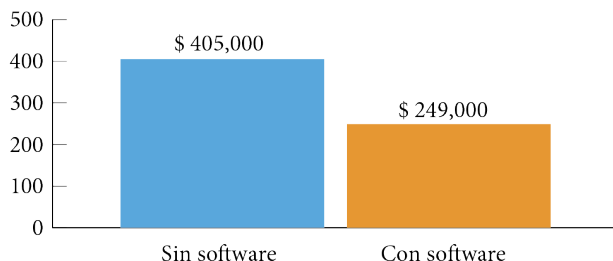


Figura 5. Gráfico de barras de la reducción de costos con la implementación del software.

Con estos análisis de la implementación del nuevo software, según los datos obtenidos en la fase de medición una eficiencia de 70.30% sin la implementación de un software de inventario y teniendo que se reducirá 130 horas del total de horas atrasadas, se puede calcular la eficiencia con la implementación del nuevo software. En la figura 6. se muestra una proyección de un aumento de la eficiencia en un 11.30% con la implementación de LabArchives Inventory.

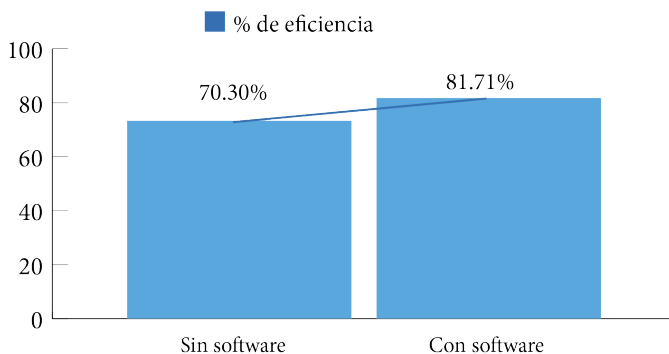


Figura 6. Gráfico de barras del aumento del porcentaje de eficiencia con y sin el software.

CONCLUSIONES

- El 41.39% de las horas de retraso que provocaba el incumplimiento de los tiempos de entrega pertenece a la falta o inexistencia de materiales, los cuales ascendieron debido que no había un software para la trazabilidad y el manejo de estos. Estas horas de atraso representaron un costo de mano de obra para el laboratorio de RD\$168,000.
- La implementación del software “Lab Archives” es la solución para reducir los factores que incidían en el incumplimiento de los tiempos de entrega debido a que mitigó en un 93.75% las causas. Esta implementación representa una reducción de 130 horas de atrasos anuales lo que implica un aumento en la eficiencia de un 11.30%, a su vez una reducción de costos de RD\$ 156,000 lo que representa un 93.01% del total de los costos por este factor.

REFERENCIAS

- El blog de la calidad. (2022). *Qué es DMAIC*. Obtenido de: <https://blogdelacalidad.com/que-es-dmaic/#:~:text=DMAIC%20es%20el%20acr%C3%B3nimo%20en,el%20ciclo%20se%20debe%20reiniciar>.
- Edwards Lifesciences. (2023). *Who-we-are*. Obtenido de <https://www.edwards.com/about-us/who-we-are>.
- Pensemos. (2022). *Mejora de procesos: Metodologías para lograrla*. Obtenido de: <https://gestion.pensemos.com/que-es-mejora-de-procesos-metodologias-para-lograrla>.

MEJORA DE PROCESOS Y REDUCCIÓN DE DEFECTOS PARA LÍNEAS DE ENSAMBLE DE CABLES UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE CALIDAD Y LEAN MANUFACTURING

Andry Matos¹, Grisvely Mojica¹, Nelsi Cuevas¹, Mabel Méndez¹, Yafreisy Aquino²

¹ Instituto Especializado En Estudios Superiores Loyola (IEESL). San Cristóbal, RD

² Gerente de Cumplimiento, Calidad y Proyectos Cáceres y Asociados

Autor de correspondencia: mmendez@ipl.edu.do

RESUMEN

La empresa caso de investigación, es una empresa de manufactura en la que se ensamblan diferentes tipos de productos, siendo los cables el producto más demandado, pero se ha visto afectado por defectos de calidad. De estos cables se identificaron los modelos GAN-11 y GAN-13 como uno de los productos con mayores incidencias de defectos, generando quejas de clientes e indicadores de calidad fuera de métrica, llegando a tener hasta un 69% en la cantidad de defectos en los últimos meses, de igual forma se ha visto afectado el modelo SW-H, de la línea SW con un 10%. El objetivo de esta investigación fue analizar los datos cuantitativos sobre defectos de calidad, identificar las causas de las no conformidades y proponer acciones efectivas que redujeran o eliminaran la variabilidad y la cantidad de defectos. Fue una investigación de tipo descriptiva cuantitativa, usando el análisis estadístico de los datos, analizándolos y finalmente se buscaron soluciones a esta problemática usando herramientas de calidad y de Lean Manufacturing, tales como: FMEA, Análisis de causa raíz para analizar las causas, One Piece Flow, para eficientizar el proceso de manera continua, estandarización de trabajo, para mantener un método de trabajo específico en la realización de las operaciones. También se usó el VSM para ver el estado actual del proceso e identificar oportunidades de mejora. Por otro lado, se usaron herramientas de soporte como: Diagramas de Pareto, Diagramas de Ishikawa, 5 Por qué. Implementando estas herramientas se reducen los defectos un 55.89% en la línea GAN y SW. Se disminuye el tiempo improductivo un 13.12%. Se redujeron los defectos, las quejas de clientes y mejoraron los indicadores de calidad. Se minimizaron los retrabajos y reprocesos, con una reducción de costos de hasta RD\$ 22,023,387.6 anualmente, mejorando la eficiencia en la línea de producción.

Palabras claves: Ensamble, cables, defectos, desperdicios, lean manufacturing.

INTRODUCCIÓN

En muchas empresas se producen variaciones en su producción sin saber cuál es la causa, sin embargo, se pueden observar las consecuencias de las mismas. El principal problema que ocasionan estas variaciones son los desperdicios, influyendo en que no sean capaces de satisfacer la demanda de los clientes a tiempo (Cáceres, Cuevas y De Jesús, 2018).

Una empresa que no controla sus desperdicios y que no adopta medidas para prevenir o eliminar sus causas, brindará productos y/o servicios de mala calidad, con altos costos. Por lo tanto, una manera de contrarrestar los desperdicios en los procesos es mediante la eliminación o reducción de los defectos (Benavente y Hernández, 2014) (Muñoz y Torres, 2018). Es por esto, que en esta investigación se estará analizando el caso particular de una empresa que se ha visto afectada por este tema.

La investigación realizada en esta empresa estudia uno de los modelos de cables, al cual llamaremos GAN, que es un tipo de cable utilizado para conexión de printers o impresoras, este es manufacturado con longitudes de 4m o 5m. Su ensamble está compuesto por 18 estaciones, iniciando en el corte de cable, continuando con el ensamble de partes y posteriormente la prueba eléctrica a cada producto, además contienen de 15 a 20 componentes, como son: cable de conexión de 22 AWG, conectores tipo clemas enchufables hembras de 8 polos, conectores tipo clemas enchufables hembras de 6 polos, terminales tipo pines machos, etiquetas (labels), teflón y otros. A continuación, una imagen representativa (figura 1) del producto terminado.



Figura 1. Cable GAN, tipo Printer Cable.

También se analiza un segundo modelo de la línea de cable SW, el cual es un cable eléctrico de dos núcleos, rojo (positivo) y negro (negativo), que van conectados a un housing o conector, a través de terminales macho o hembra en un extremo y en el otro extremo con la fibra expuesta. La figura 2 muestra una representación de dicho cable.



Figura 2. Cable SW.

En la línea GAN se han observado desperdicios como son: la baja eficiencia, tiempos improductivos y defectos de calidad, siendo los defectos el principal desperdicio en esta línea. Mediante las inspecciones realizadas durante el proceso y al producto terminado se fueron detectando altas cantidades de defectos. Este ensamble conlleva un proceso complejo en el cual se han generado diferentes defectos, de ellos los que más afectaron fueron: Pin o terminal hundido en el conector, cable con fibra visible y conexión incorrecta de los cables, con un porcentaje de 45%, 21% y 15% de contribución respectivamente, de igual forma, se han detectado defectos en el cable SW, como es componente roto (ver figura 3). Estos defectos fueron monitoreados mediante la medición de los DPM (Defectos por millón) en los indicadores de desempeño (Key Performances Indicator, KPI) periódicamente.

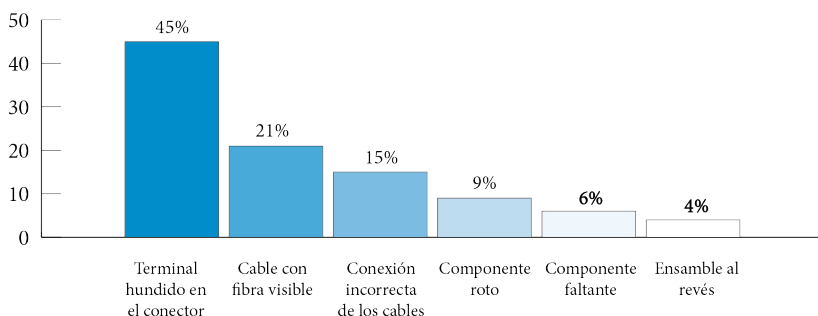


Figura 3. Gráfico de defectos en las líneas.

Como expone la gráfica anterior, los 3 defectos mencionados son los de mayor contribución al exceso de defectos en la planta, éstos se generan en la línea de ensamble de cables GAN, específicamente en los modelos GAN-11 y GAN-13, solo éstos 3 representan más del 50% de los defectos de calidad a nivel general en la planta.

Dichos defectos generaron resultados fuera de métrica en los KPI's, quejas de clientes, mayores costos de producción debido a los reprocesos y retrabajos, y baja eficiencia en esta línea de producción, lo que quiere decir que las consecuencias de esta problemática afecta tanto a la empresa como a sus clientes.

De las inspecciones realizadas por el Departamento de Calidad al producto terminado se obtienen los datos cuantitativos que sirven de base para la métrica de Outgoing Quality Assurance, OQA (Aseguramiento de la calidad saliente). En agosto 2021, los resultados de este indicador se vieron afectados por la cantidad de defectos que se generaron en las dos líneas de producción, presentando un 79% de contribución a nivel general en la planta, luego de aumentar en un 58% por encima de la meta de DPM (Defectos por Millón).

Debido al impacto producido por los defectos encontrados en el proceso productivo que se lleva a cabo en las líneas de producción GAN y SW, se decidió plantear una propuesta que contribuyera a la solución de esta problemática, para esto se planea utilizar herramientas de calidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

La empresa bajo investigación está ubicada en la Zona Franca Haina, San Cristóbal, República Dominicana. Esta propuesta de investigación es descriptiva, a esta conclusión se llega según la definición establecida por Hernández (2002), “una investigación descriptiva comprende la descripción, registro, análisis e interpretación de la naturaleza actual del objeto bajo estudio. En esta se utilizan técnicas específicas para la obtención y análisis de datos”.

Las variables de estudios identificadas fueron:

- Defectos de calidad por línea: Los defectos son las no conformidades que se puedan presentar en la línea de producción, y que generan rechazos o desperdicios. El instrumento utilizado fue Auditorías de productos y procesos.
- Variabilidad de defectos: Para esta variable se analizan los datos cualitativos y cuantitativos de los tipos de defectos que se generan por unidad en la línea de producción GAN, en los productos seleccionados. Se mide en Defectos por unidad (DPU) a través de los formularios de Auditoría de productos y auditorías de calidad final diariamente.
- Eficiencia es una variable que analiza el cumplimiento de metas versus la cantidad de recursos utilizados para ello. Se es eficiente, al cumplir las metas con el menor tiempo posible, realizando solo acciones de valor agregado, sin desperdicio de tiempo ni materiales.

Para la recolección de los datos se realizó a través del indicador de Calidad, se obtienen a través del trabajo realizado diariamente por los inspectores de calidad. Estos utilizan plantillas prediseñadas con los criterios de calidad visuales y dimensionales que se debe observar y/o medir en el producto.

Una vez obtenidos los datos de los últimos 6 meses del indicador de calidad, se tabulan y se analizan, para su análisis se utiliza en primer lugar, un gráfico de barra en el que se representa la tendencia que ha tenido la planta en cuanto a defectos de calidad se refiere.

Luego, utilizando Pareto se ordenan los defectos de calidad de mayor a menor frecuencia para cada mes, generados en la línea de producción, contribuye a priorizar los pocos vitales (teoría del 80-20) que se deben atacar mediante el análisis de causa raíz y un efectivo plan de acción (Casanova y Casanova, 2022).

Una vez se priorizan los defectos, se pasa al análisis de causa raíz de cada uno de ellos, en esta etapa se analizan las potenciales causas del problema, para esto se utiliza el diagrama de Ishikawa o Espina de Pescado, basado en el método de las 6 M, de todas las posibles causas planteadas, se determinan mediante investigaciones las causas raíces, luego mediante la herramienta de 5 Por qué se identifica el por qué sucedió cada defecto.

Para el indicador de Eficiencia se propone entonces, analizar la situación de la línea GAN en cuanto a tiempos y distribución de línea detectando así los desperdicios que estos dos factores producen, mediante una herramienta Mapa de flujo de valor o Value Stream Mapping (VSM), con ésta se verifica tanto el estado actual como un estado futuro propuesto, con un panorama ya mejorado.

RESULTADOS

Aplicando herramientas de calidad y de Lean Manufacturing para la reducción de defectos en las líneas de manufactura bajo estudio, se obtendría mejor calidad en los productos y aumento de la eficiencia. Para ello debe realizar el análisis de datos, verificando la situación actual en la línea.

En la figura 4 se puede ver los datos del muestreo realizado por el departamento de Calidad en los meses de agosto 2021 hasta enero 2022, en la misma se muestra la cantidad de defectos detectados cada mes, lo que, comparado con el objetivo o meta deja ver el alto yield (Relación de ensambles producidos/ensambles defectuosos por millón) que existía en la línea.

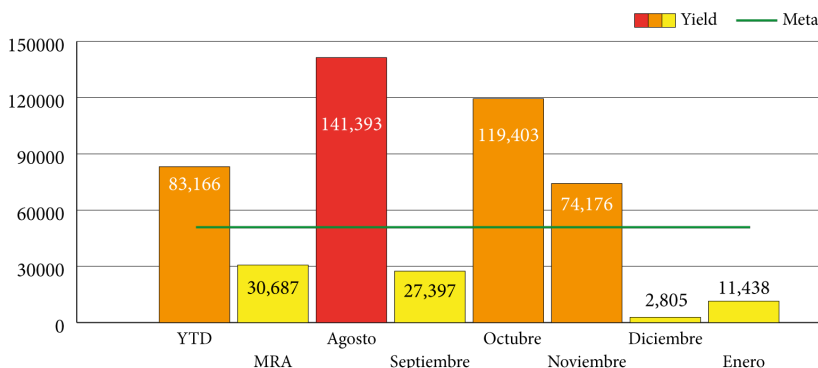


Figura 4. Cantidad de defectos de la línea GAN.

Con la información obtenida sobre los defectos de la planta se construyó un Pareto la figura 5, en esta se muestra el por ciento de contribución de defecto de cada una de las líneas de producción de cables.

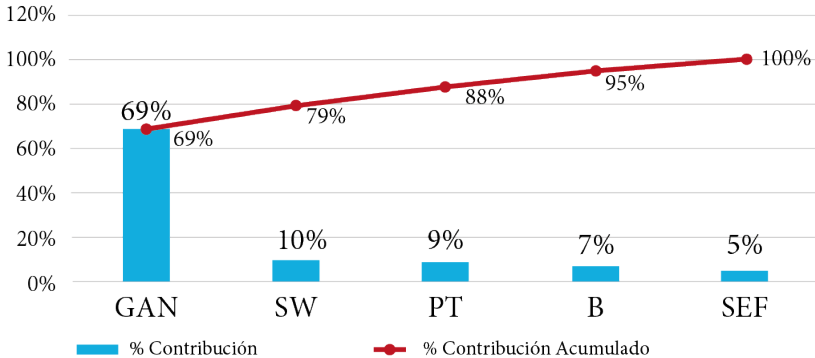


Figura 5. Contribución de defecto por línea agosto 2021 – enero 2022.

El Pareto anterior nos muestra que la línea GAN proporciona un 69%, la línea SW un 10% que suman casi 80% de contribución en la planta, por lo cual, se identificaron cada uno de estos defectos con su correspondiente porcentaje de contribución, se realizó un Pareto figura 6, para priorizar según la teoría del 80-20.

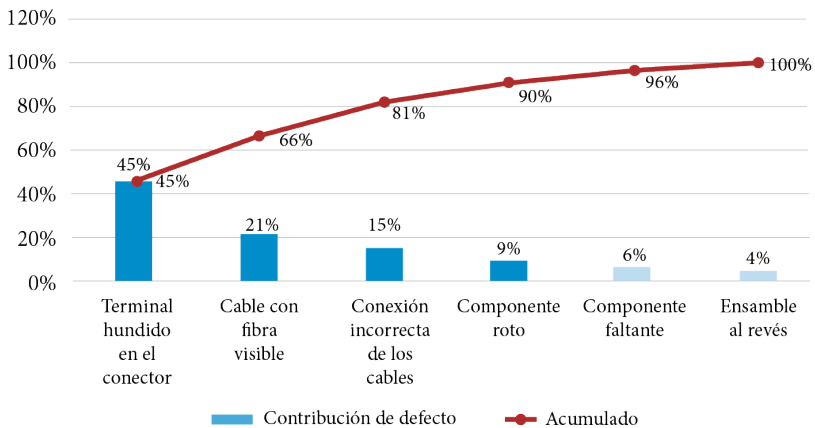


Figura 6. Contribución de defecto en las líneas GAN y SW.

La suma de los 3 primeros defectos del Pareto confirma que el 81% pertenece a la línea GAN y con el defecto de la línea SW suman el 90% de defectos de la planta y el 10% restante (Componente faltante y ensamble al revés) a las demás líneas de producción de la planta. Como resultado del Pareto anterior, se determinó que los defectos: Terminal o pin hundido en conector, cable con fibra visible, conexión incorrecta y componente roto fueron los defectos mayores, por lo que se utilizó la herramienta de Diagrama de Ishikawa para determinar sus causas.

Después de determinar las causas raíces de los defectos, por medio de la herramienta de los 5 Por qué se identifica por qué sucedió el problema, por qué no se detectó a tiempo el defecto y por qué el sistema de calidad falló y no previno la no conformidad. A continuación, en la figura 7 se analizan las potenciales causas del primer defecto “terminal hundido en el conector” a través de un diagrama de Ishikawa y el método de las 6M.

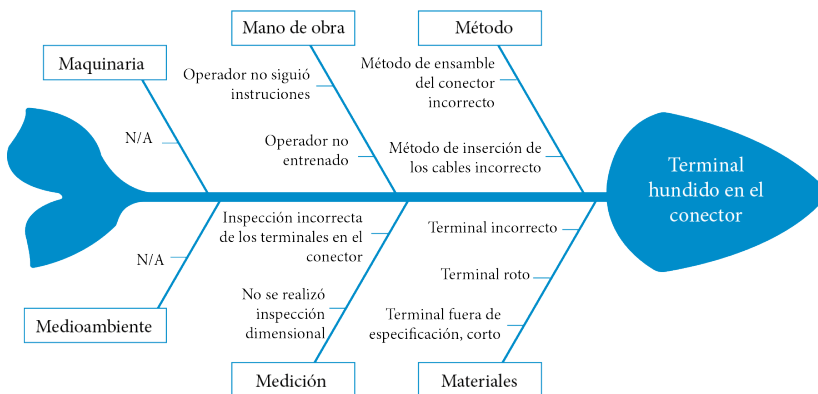


Figura 7. Diagrama de Ishikawa del defecto terminal hundido en el conector.

Las demás posibles causas fueron descartadas ya que se verificó que el material estaba en buen estado, se descartaron también las posibles causas ligadas a maquinaria, se demostró que el seteo de máquina de la estación previa estuvo correcto. En la parte de mano de obra, se mostraron los registros de entrenamiento del personal en todos los procesos de la línea, por lo que, se descarta la posibilidad de que el operador no estuviera entrenado.

El diagrama siguiente, es un análisis de 5 por qué que ayuda a entender por qué sucedió el defecto y el por qué no se detectó ni se previno (figura 8).

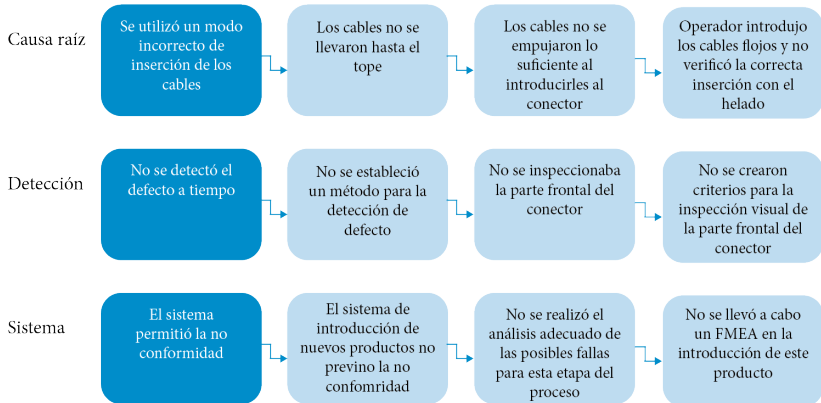


Figura 8. Análisis de 5 por qué para el defecto terminal hundido en el conector.

Las posibles causas del segundo defecto “cable con fibra visible”, se analizan en la figura 9, un diagrama de Ishikawa desarrollado usando las 6M.

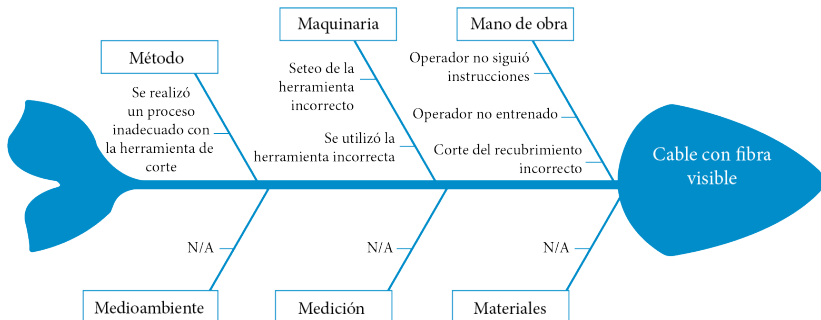


Figura 9. Diagrama de Ishikawa del defecto cable con fibra visible.

El defecto se produjo por utilizar un método inadecuado, esto debido a que la herramienta no era correcta. Existen varios tipos de herramientas para cortar el recubrimiento plástico de los cables, en este caso se estaba utilizando una herramienta manual, ya que la herramienta adecuada para el proceso no estaba disponible.

En esta ocasión, la causa raíz está ligada al método utilizado para realizar el corte del recubrimiento, dado que el proceso y la herramienta de corte fueron inadecuados. Basado en esto, se hizo el análisis de 5 por qué para este defecto mostrado en la figura 10.

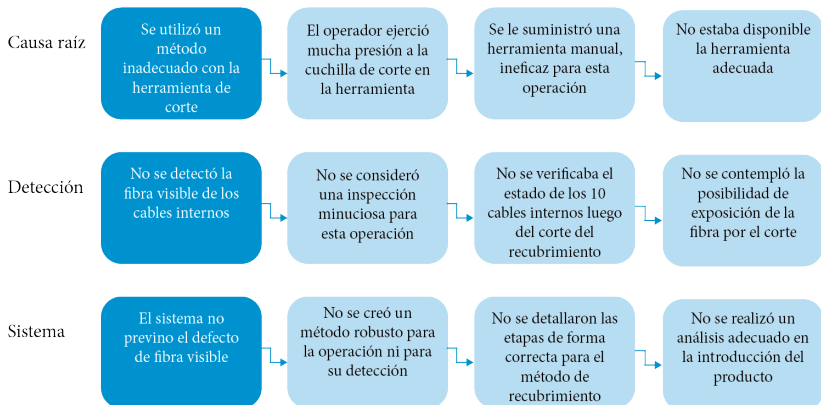


Figura 10. Análisis de 5 por qué para el defecto cable con fibra visible.

El tercer y último defecto de esta línea GAN es “conexión incorrecta de los cables” es analizado a través de un diagrama de Ishikawa, según se puede visualizar en la figura 11.

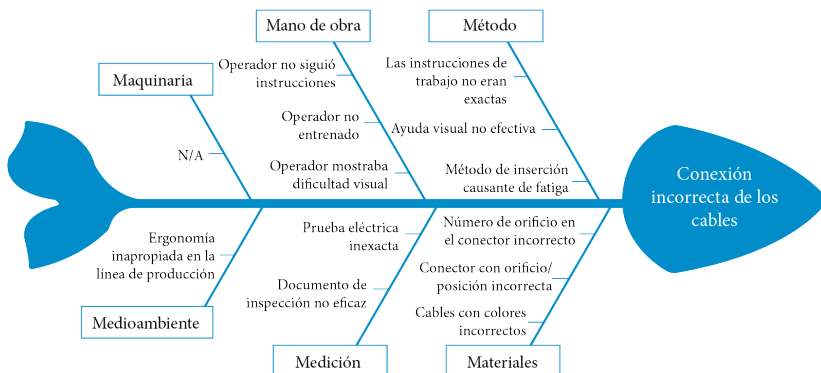


Figura 11. Diagrama de Ishikawa del defecto conexión incorrecta de los cables.

En el diagrama anterior se muestra que la causa raíz del defecto conexión incorrecta estuvo relacionada tanto con el método como con la medición, para la parte de método se observó que la ayuda visual no era efectiva (Ver figura 4.9), ya que solo contaban con una guía impresa que establece el color de cable a insertar en cada orificio numerado del conector. Para medición se determinó que la prueba no era adecuada ya que no detectaba ese defecto.

Se descartaron las posibles causas ligadas a materiales puesto que se verificó la inspección de incoming del material había sido satisfactoria. Se descartó también las potenciales causas ligadas a mano de obra, porque el personal estaba correctamente entrenado y siguiendo las instrucciones. Una vez identificadas las causas, se analizó el por qué de las mismas a través del diagrama de 5 por qué que presenta la figura 12.

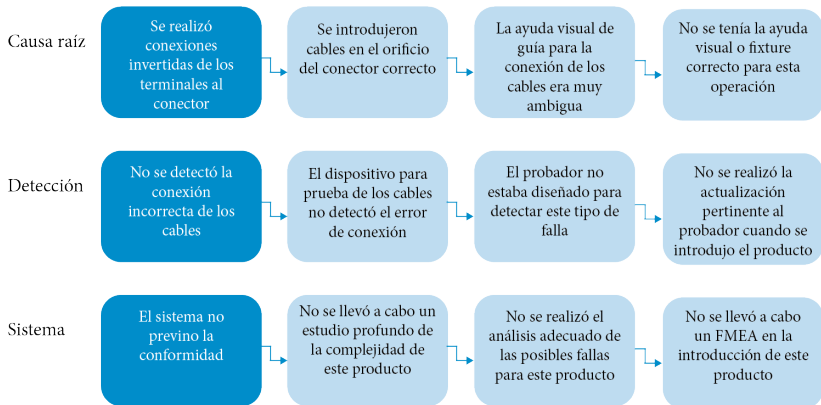


Figura 12. Análisis de 5 por qué para el defecto conexión incorrecta de los cables.

Según la investigación se pudo confirmar que la conexión invertida de los cables de colores se debió a que la ayuda visual no era eficiente, más que una guía visual se necesitaba un fixture que pudiera orientar al operador a realizar la conexión de forma correcta durante el proceso.

Un cuarto defecto que tiene un porcentaje de contribución considerable (9%) de defecto es el de “Componente roto” de la línea de producción SW, en esta investigación también se analizó el mismo, a continuación, se presenta el análisis de causa raíz a través de un diagrama de Ishikawa para este defecto (figura 13).

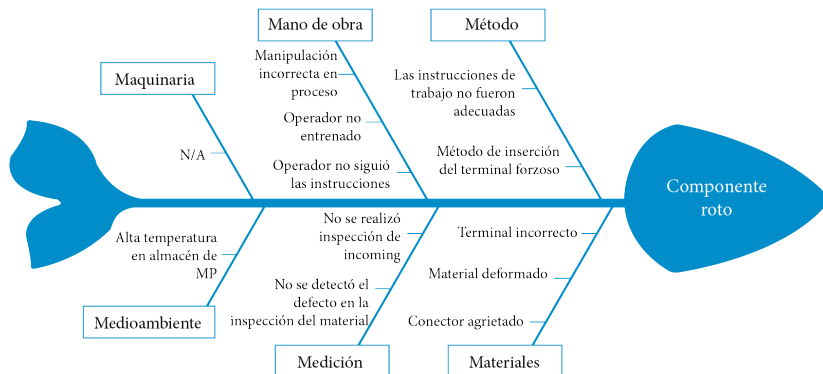


Figura 13. Diagrama de Ishikawa del defecto componente roto.

Para el análisis de causa raíz del defecto componente roto se verificaron que las posibles causas estuvieron ligadas al material, por lo que se descartaron las potenciales razones ligadas a método, pues el operador siguió las instrucciones de trabajo, en cuanto medio ambiente se demostró que el material no estuvo expuesto a exceso de temperatura. En base a esto, se realizó un análisis para identificar el por qué sucedió el defecto (ver figura 14)

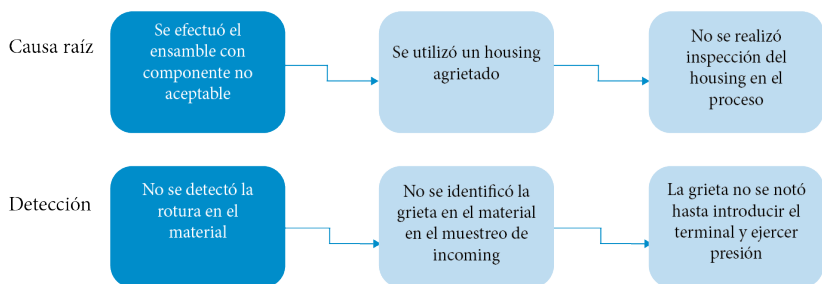


Figura 14. Análisis de 5 por qué para el defecto conexión incorrecta de los cables.

Plan de acción propuesto para eliminación de los defectos

Según las causas que se han encontrado durante la investigación y los porqués de las mismas, se deben tomar correctas medidas para detener, corregir y prevenir los

defectos analizados y otros que puedan suscitar en el proceso, por esta razón, se creó un plan de acción, que relaciona cada defecto con su causa y la acción recomendada para solución del mismo (ver tabla 1).

Tabla 1. Defectos, causas y acciones recomendadas

Defecto	Causas	Acciones recomendadas	Responsable
Terminal hundido en el conector	Operador introdujo los cables flojos y no verificó la correcta inserción con el halado	Implementar un nuevo método eficiente de inserción de los cables. Crear instructivo de trabajo y capacitar personal. Agregar inspección de la inserción halando cada cable.	Ing. de procesos Técnico de procesos
	No se crearon criterios para la inspección visual de la parte frontal del conector	Actualizar el documento de criterios de calidad incluyendo todas las partes del conector.	Ing. de Calidad
	No se llevó a cabo un FMEA en la introducción de este producto	Completar el proceso de NPI para este producto.	Ing. procesos Técnico de procesos Ing. de Calidad
Cable con fibra visible	Uso de herramienta inadecuada	Implementación de una máquina para retiro del recubrimiento de cables con mayor eficacia, automatizando así el proceso. Crear un nuevo instructivo de trabajo solo para este modelo.	Ing. de Manufactura, procesos Técnico de procesos

Defecto	Causas	Acciones recomendadas	Responsable
	No se contempló la posibilidad de exposición de la fibra por el corte del recubrimiento	Analizar los distintos modos de falla planteados en el FMEA propuesto y considerar ejecución de acciones recomendadas en el mismo (Canela y Griful, 2005). Actualizar doc. Sobre criterios de calidad para el nuevo flujo de operaciones	Ing. de procesos Técnico de procesos Ing. de Calidad
	No se realizó un análisis adecuado en la introducción del producto	Completar el proceso de NPI para este producto	Ing. y Tec. de procesos e Ing. de Calidad
Conexión incorrecta de los cables	No se tenía la ayuda visual o fixture correcto para esta operación	Crear un fixture de guía para la operación de conexión de los cables.	Enc. de Mantenimiento Ing. de procesos Téc. de procesos
	No se realizó la actualización pertinente al probador cuando se introdujo el producto	Modificar la programación del dispositivo de prueba eléctrica, incluyendo la detección de todos los posibles modos de fallas presentados en el FMEA	Enc. de Mantenimiento Ing. de procesos
	No se llevó a cabo un FMEA en la introducción de este producto	Completar el proceso de NPI para este producto	Ing. y Téc. de procesos Ing. de Calidad

Defecto	Causas	Acciones recomendadas	Responsable
Componente roto	No se realizó inspección del housing en el proceso.	<p>Cambiar método de trabajo para implementar inspección del material antes de realizar el ensamble.</p> <p>Crear un fixture para la inspección del material durante el ensamble y facilitar el ensamble.</p> <p>Actualizar instructivo de trabajo con el nuevo método.</p>	Ing. de Manufactura, procesos Técnico de procesos
	La grieta no se notó hasta introducir el terminal y ejercer presión.	<p>Actualizar los criterios de calidad agregando las características de conformidad y no conformidad</p> <p>Sobre este defecto.</p> <p>Robustecer el muestreo de incoming para esta materia prima (Housing).</p>	Ing. de Calidad

Con la ejecución de este plan se estarían eliminando los defectos analizados durante esta investigación, como muestra el gráfico de barras presentado en la figura 4 estos defectos “Terminal hundido en el conector”, “Cable con fibra visible” y “Conexión incorrecta de los cables” suman el 81% de defectos de la línea GAN, lo que significa que con esta propuesta se estaría eliminando el 55.89% de contribución de defecto en la planta, ya que solo la línea GAN contribuía un 69% (según lo muestra el gráfico de Pareto de la figura 5). De igual manera se reduciría el defecto “componente roto” al poder detectar la no conformidad en el material antes de ser utilizado en el proceso. Debido a que este defecto es en el material, solo se proponen acciones preventivas, sin embargo, debe implementarse acciones correctivas por parte del proveedor, luego de externarle una queja debido al hallazgo.

CONCLUSIONES

- En las empresas de manufactura se pueden generar diferentes tipos de desperdicios, la empresa bajo investigación no es la excepción, en ésta el principal desperdicio son los defectos de calidad, lo cual afecta considerablemente la eficiencia. La línea de cables GAN es donde se han detectado mayor cantidad de defectos, ya que la misma representa un 69% de contribución de defectos en la planta y la línea SW un 10%.
- Según los datos suministrados por la empresa bajo estudio, los principales defectos en la línea de ensamble de cables son: Pin o terminal hundido en el conector, cable con fibra visible, conexión incorrecta de los cables y componente roto. Para poder eliminar estos defectos se realizó un análisis cuantitativo y cualitativo, a través de herramientas de Lean Manufacturing como: Diagramas de Pareto, Ishikawa y 5 Por qué, con estas se pudo identificar las causas de cada uno de estos defectos.
- En definitiva, tener calidad y eficiencia en los procesos convierte la empresa en una institución más competitiva, ganando mayor visibilidad y diferenciación en el mercado, evitando la pérdida de reputación y/o pérdida de clientes debido a los defectos, es decir, tener calidad y eficiencia podría aumentar los ingresos por ventas y disminuir los costos.

REFERENCIAS

- Benavente, J., & Hernández, A. (2014). *Propuestas de mejora para la reducción de desperdicios en una línea de ensamble de filtros sellados*. Valencia: Universidad de Carabobo.
- Cáceres, Y., Cuevas, L., & De Jesús, Á. J. (2018). *Propuesta de mejora en una línea de manufactura de dispositivos médicos para disminuir el rechazo por partículas aplicando herramientas de Lean Manufacturing y Six Sigma*. San Cristóbal.
- Canela, M. A., & Griful, P. (2005). *Gestión de la calidad*. Barcelona: UPC.
- Hernández, F. (2002). *Metodología de la Investigación en Ciencias Sociales*. Santo Domingo: Búho.

- Casanova, J., & Casanova K. (2022). *Reducción de desperdicios en los procesos de manufactura de la empresa de dispositivos médicos “Arjo” con las herramientas de Lean Manufacturing*. San Cristóbal.
- Muñoz, D., & Torres, J. (2018). *Diseño de un plan de mejora para la reducción de defectos en el proceso de confección en la planta de producción de la empresa GRUPO OCTUS S.A.S*. Santiago de Cali: Universidad de San Buenaventura Colombia.

ANÁLISIS COMPARATIVO DE TECNOLOGÍAS DE ACCESO LORA Y WIFI EN AGRICULTURA DE PRECISIÓN APLICADO EN INVERNADERO

Randy Peñaló¹, Iván Santana¹, Edgar Ysabel¹, Claudia Díaz¹

¹ Instituto Especializado En Estudios Superiores Loyola (IEESL). San Cristóbal, R.D.

Autor de correspondencia: cdiaz@ipl.edu.do

RESUMEN

Con el objetivo de determinar la tecnología de acceso más factible para el diseño de un sistema inalámbrico de sensores (WSN) para las mediciones de variables edafoclimáticas en un invernadero, se realizaron pruebas comparativas entre la tecnología LoRa y Wifi. Para esto se diseñó una red local con módulos de sensores utilizando tarjetas de desarrollo Arduino EPS conectados a un Raspberry-pi, las pruebas se realizaron a diferentes distancias con y sin línea de vista para medir la pérdida de paquetes durante la transmisión. Adicional, se realizaron pruebas de consumo energía y se evaluó la facilidad de configuración de cada tecnología. Los resultados arrojan que la tecnología LoRa presentó menores pérdidas de paquetes y menor consumo energético, mientras que el sistema Wifi requiere menos componentes y es más simple de configurar.

Palabras Clave: Sistema Inalámbrico de Sensores (WSN), LoRa, Wifi, Arduino EPS, Raspberry-pi.

INTRODUCCIÓN

Al diseñar redes WSN (Redes inalámbricas de sensores, por sus siglas en inglés) para la agronomía de precisión, el área de cobertura de señal es esencial para ofrecer servicio a grandes extensiones de cultivo, invernaderos y otras actividades agrícolas. El reto principal para este tipo de aplicación es lograr la conectividad inalámbrica de los sensores mediante tecnologías de acceso que permitan recolectar data confiable y conexión estable, al igual que el consumo energético optimizado (Gupta, 2013).

Las tecnologías de acceso en redes de sensores utilizadas en agronomía de precisión son varias y podemos dividir las en dos tipos, aquellas donde los sensores reportan los

datos medidos de manera independiente a través de redes celulares (GSM, UMTS, LTE, 5G, etc.) para luego ser almacenados y procesados en la nube donde pueden ser consultados desde cualquier dispositivo con conexión a internet. Este tipo de solución es utilizada para sistemas con pocos sensores y con buena señal de internet móvil en su ubicación. Otro tipo de redes de sensores en agronomía utilizan un gateway o controlador que gestiona a los sensores los cuales se conectan utilizando tecnologías de acceso en espectro no licenciado como (Wifi, Lora, zigbee). El gateway puede tener acceso a internet y reportar los datos recolectados en un portal web para su posterior visualización o generar un visualizador local utilizando bases de datos. Esta solución es más utilizada cuando se requiere gran cantidad de sensores, no se cuenta con servicios de redes móviles o se requieren soluciones económicas.

Esta última solución, es la más recomendada para agricultura de precisión, ya que las tierras con vocación de cultivo tienden a tener poca cobertura móvil y se pueden llegar a utilizar varios sensores dependiendo del tamaño del terreno y las variables a medir. Determinar cuál tecnología de acceso es más adecuada para estas condiciones específicas es fundamental para diseñar una red de datos inalámbrica estable y con buena cobertura.

Wifi es la tecnología de acceso más utilizado en WSN y aplicaciones IoT (Zhang, Suresh, & Stoleru, 2013), debido a su facilidad de uso, variedad de dispositivos en el mercado para construir módulos de sensores adaptados a diferentes necesidades, plataformas que soportan su conexión para publicar los datos a internet y su bajo costo. Por otro lado, LoRa es una tecnología de acceso que se ha desarrollado específicamente para proyectos de IoT de largo alcance de cobertura donde se requiere enviar pequeño paquete (Botero, Castaño, Márquez, & Rico, 2019). Tomando en cuenta las ventajas de estas dos tecnologías, se presenta un estudio comparativo para un diseño WSN en un invernadero de 500m².

MATERIALES Y MÉTODOS

El análisis comparativo entre las tecnologías de acceso de LoRa y Wifi para una red de sensores para agricultura de precisión se realizó en el invernadero de la finca experimental “André Vloeberg” del Instituto Politécnico Loyola en la ciudad de San Cristóbal, este invernadero tiene un tamaño de 500m². Al momento de realizar las pruebas estaba sembrado de tomates con una altura de aproximada de un metro.

Para realizar las pruebas se construyó un sistema de red local que incluía una base de datos y un visualizador de la información recibida. Para garantizar que cada tecnología estuviera en igualdad de condiciones, se diseñó un sistema general que consistía en un sensor de humedad conectado en una tarjeta Arduino EPS la cual transmite hacia un computador Raspberry-Pi donde se instaló la aplicación NodeRed que se encarga de gestionar el almacenaje y visualización de los datos recibidos.

El módulo de sensores con conexión Wifi fue configurado en la frecuencia 2.5Ghz y se le colocó una antena para mejorar la transmisión de los datos hacia el Raspberry-Pi. Para establecer la comunicación se utilizó el protocolo MQTT el cual posee grandes ventajas y eficiencia en mensajería de pequeños datos. La Figura 1 muestra el diagrama general y las aplicaciones utilizadas en cada módulo. Los datos recibidos se consultaron accediendo a la red mediante la conexión wifi local.

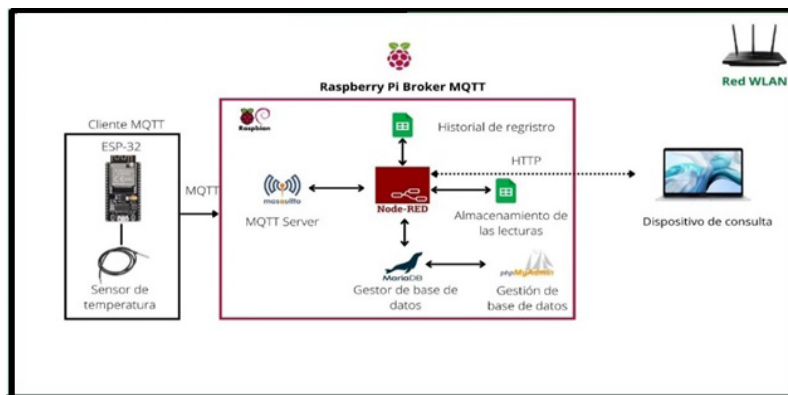


Figura 1. Red con acceso Wifi.

Para configurar el módulo de prueba con tecnología de acceso Lora se agregó el módulo LoRa SX1278 al ESP-32 como se muestra en la figura 2, el módulo receptor se conectó en el Raspberry pi, este adaptador incluye una antena que mejora el nivel de señal en frecuencia de 433Mhz. Los datos recibidos en el Raspberry-Pi se procesaron utilizando un script para modificar el protocolo de comunicación a MQTT y posteriormente ser publicados en la aplicación NodeRed. Al igual que el módulo Wifi el usuario puede consultar la información accediendo mediante la red Wifi local con las credenciales requeridas.

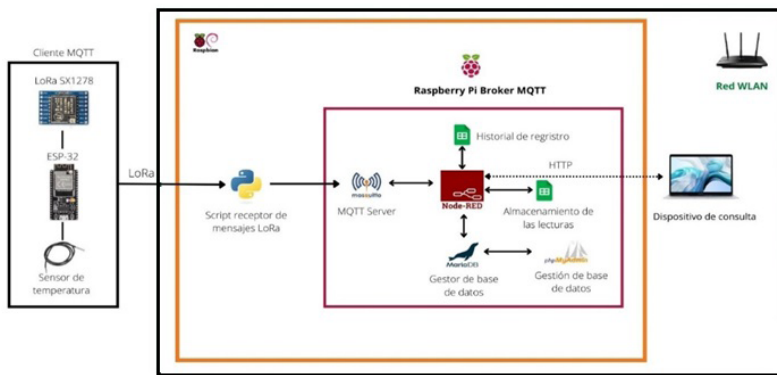


Figura 2. Red con acceso LoRa.

Diseño de pruebas

Los escenarios de pruebas fueron diseñados con el objetivo de medir las pérdidas de paquetes de datos de las mediciones de temperatura del sustrato de las camas del invernadero, para esto se consideraron 3 puntos ubicados a lo largo de toda la longitud del invernadero de manera diagonal como se muestra en la figura 3. Estos puntos se colocaron en las siguientes distancias D1 (12.80m), D2 (27.26m), D3 (47.82m) del Raspberry pi ubicado en uno de los extremos en la parte exterior.

Los módulos de sensores se configuraron para enviar los datos de las mediciones de los sensores con una frecuencia de 10 segundos durante 5 minutos, no se configuro retransmisión de paquetes. En cada punto se tomaron dos muestras: con línea de vista, colocando el módulo de sensores una altura de 2m (dejando el sensor de humedad colocado en el sustrato) y sin línea de vista, el módulo a nivel del sustrato donde las plantaciones y otros equipos pudieran obstruir la cobertura.

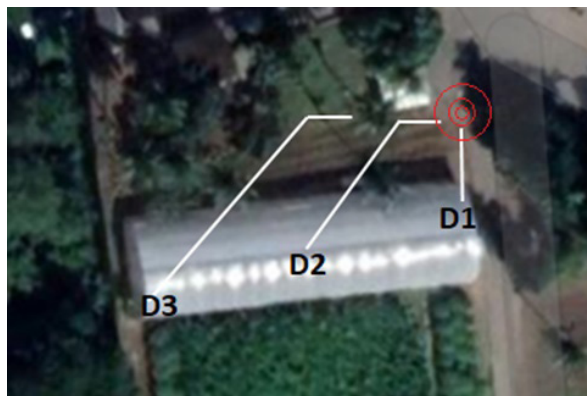


Figura 3. Ubicación de puntos de prueba en el invernadero.

Para determinar la autonomía eléctrica se realizaron pruebas de funcionamiento con una fuente de alimentación autónoma (batería) con una capacidad de 4,500mAh. Se recreó un escenario con línea de vista en un ambiente controlado bajo techo a una distancia de separación de 2.8mts entre los módulos de sensores y el Raspberry Pi. Para esta prueba se realizaron dos configuraciones: uso activo transmitiendo datos y uso pasivo transmitiendo de manera eventual configurada función de ahorro energético del ESP-32.

RESULTADOS

Los datos recolectados durante las pruebas del invernadero fueron evaluados utilizando herramientas de análisis de datos calculando el tiempo y la pérdida de paquetes durante la transmisión para cada módulo de sensor hacia el Raspberry pi. En la figura 4 se muestra el resultado de las pérdidas de paquetes para cada tecnología en las pruebas con línea de vista, donde se puede observar que la WiFi presentó mayor cantidad de pérdidas de paquetes en todos los puntos de medida, Lora por otro lado, presenta un ligero incremento en las pérdidas en distancias más larga, pero permaneciendo por debajo de los valores presentados por Wifi.

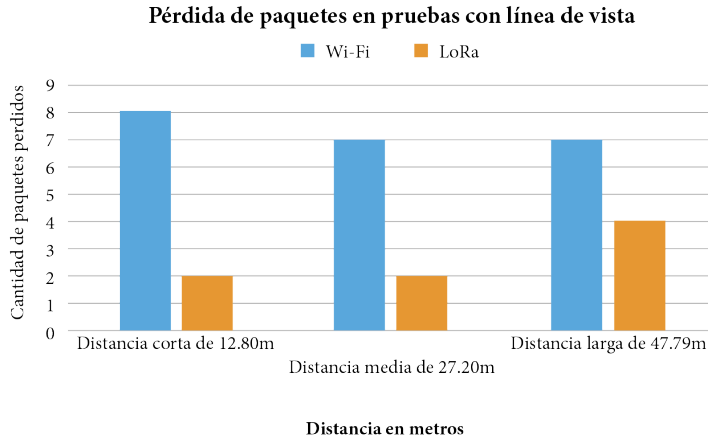


Figura 4. Pérdida de Paquetes Línea de vista.

La tendencia de mayor cantidad de paquetes perdidos en la tecnología Wifi fue reflejada también en las pruebas sin líneas de vista como se muestra en la figura 5, en este caso la diferencia entre ambas tecnologías es mucho más evidente, donde Wifi presenta 8 veces más de paquetes perdidos que LoRa en la distancia de 47 m. En este caso no se tomó en cuenta la primera distancia ya que la condición sin línea de vista no se presenta.

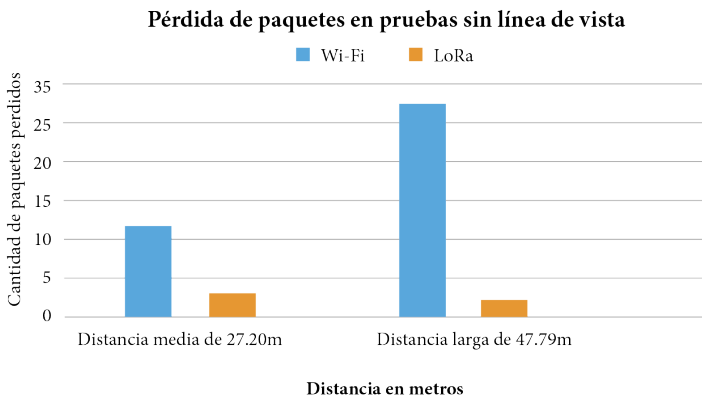


Figura 5. Pérdida de paquetes sin línea de vista.

La autonomía eléctrica no fue la excepción, donde los resultados donde LoRa presenta ventaja significativa sobre Wifi, la tabla 1 muestra los días que de duración de la batería de cada tecnología según las pruebas configuradas. La tecnología LoRa logró una autonomía entre 2 y 4 días por encima en la independencia energética realizando las mismas pruebas de envío de datos.

Tabla 1. Autonomía energética

Autonomía	Uso activo	Uso pasivo
Wifi	1 día	2-3 días
Lora	3 días	7 días

Adicional a las pruebas de pérdidas de paquetes y autonomía energética, se hicieron listado de componentes y equipos utilizados para el diseño de ambos módulos de sensores. En este punto la tecnología WiFi obtuvo mejores resultados debido a que el módulo arduino EPS-32 tiene incluido con la tecnología; mientras que el módulo LoRa requirió equipos adicionales para su adaptación al sistema.

La facilidad de diseño del diseño de la red fue otro elemento que se evaluó para ambas tecnologías, ya que este es un factor importante a la hora de diseñar redes que requieran muchos sensores. La red Wifi mostro una mejor facilidad en la configuración con el protocolo MQTT utilizado; LoRa, por otra parte, requiere pasos adicionales para convertir la data recibido en formato RF a protocolos que puedan manejar otras plataformas, esto agrega un nivel de complejidad sobre WiFi y pudiera significar un procesamiento más lento de la información.

CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos en las pruebas entre las dos tecnologías de acceso: Wifi y LoRa para redes WSN en aplicación de agronomía de precisión específicamente en invernadero, mostraron ventajas para la tecnología LoRa; con pérdidas de paquetes menores en comparación con su contraparte Wifi.
- Este resultado se ve influenciado en primer lugar por la frecuencia que utiliza cada tecnología, LoRa utilizó una frecuencia baja de transmisión a 433Mhz lo que permite una mayor cobertura, mientras que WiFi estuvo configurada para la frecuencia media de 2.5Ghz. Esta diferencia de frecuencia también se ve reflejado en el consumo de energía se espera que sea mayor para frecuencias más altas.

- A nivel de diseño de red, Wifi requirió una configuración de red más simple, en cuanto a configuración y cantidad de elementos necesarios, lo que significaría menores costos de implementación.

REFERENCIAS

- Botero, J., Castaño, L., Márquez, D., & Rico, M. (2019). Data Reduction in a Low-Cost Environmental Monitoring System Based on LoRa for WSN. *IEEE Internet of Things Journal*.
- Gupta, D. K. (2013). *A Review on Wireless Sensor Networks*. IISTE, 18-23.
- Zhang, W., Suresh, M. A., & Stoleru, R. (2013). *On Modeling the Coexistence of WiFi and Wireless Sensor Networks*. IEEE.

DISEÑO DE UNA RED DE DATOS COMUNITARIA CON POSIBILIDAD DE GENERAR RECURSOS ECONÓMICOS POR PUBLICIDAD COMERCIAL

Julio Félix¹, Anardis Rosario¹, Haward Thomas¹, Claudia Díaz¹

¹ Instituto Especializado En Estudios Superiores Loyola (IEESL). San Cristóbal, R.D.

Autor de correspondencia: cdiaz@ipl.edu.do

RESUMEN

Las redes de datos comunitarias presentan retos económicos para el mantenimiento de equipos y la continuidad en el tiempo, su propósito principal es ofrecer internet gratuito o a muy bajo costo a las comunidades necesitadas. Este proyecto presenta una propuesta técnica que incluye anuncios publicitarios en el proceso de autenticación de los usuarios al Wi-Fi generando recursos económicos. La arquitectura de red inalámbrica propuesta está configurada con herramientas de software libre para la gestión de la publicidad, control de usuarios y seguridad de la información. Los resultados demuestran que un acceso fácil con anuncios publicitarios y control de los tiempos de navegación es posible. El estudio de la propuesta se realizó en un parque público al aire libre visitado por familias y estudiantes.

Palabras clave: Acceso a internet, Wi-Fi público, Wi-Fi gratuito, autenticación, y cobertura de red.

INTRODUCCIÓN

La Organización de las Naciones Unidas (ONU) estableció el derecho del acceso a internet universal como una necesidad para el desarrollo de los pueblos (ONU, 2016). Sin embargo, costear los precios de acceso a internet no ha sido fácil para las comunidades rurales y personas de bajos ingresos. Según A4AI (2017), solo un 15% de países poseen internet asequible en América Latina y el Caribe.

Las redes de internet comunitarias surgen para reducir esta brecha de acceso a internet en las comunidades. Los miembros de una comunidad se reúnen buscando soluciones que funcionen en su zona y diseñan sus propias redes de internet. Tal como lo explica Internet Society (s.f.) las personas construyen y mantienen sus propias conexiones de internet. Internet por la gente, para la gente.

Las redes comunitarias, a pesar de sus evidentes ventajas, presentan múltiples limitaciones en la región de las Américas. Las limitaciones técnicas; donde se requieren conocimientos de redes y telecomunicaciones para el diseño, mantenimiento y correcto dimensionamiento de la infraestructura; regulatorias, por falta de leyes entre el gobierno, los proveedores de servicios y las comunidades. Esta investigación, conociendo estas limitaciones, propone un diseño técnico con el objetivo de ayudar a la proliferación y sostenimiento en el tiempo de redes comunitarias.

MATERIALES Y MÉTODOS

El diseño de la red comunitaria propuesta tomó como modelo el parque Piedras Vivas en la ciudad de San Cristóbal. Esta zona es representativa y un modelo general de una red comunitaria con acceso a internet de manera inalámbrica.

Cobertura y dimensionamiento de red

Con la herramienta online gratuita, Unifi Design Center, se determinó la mejor ubicación de los puntos de acceso para todo el perímetro; una isleta ubicada en el centro del parque con una altura aproximada de 10 metros. El estudio del espectro no licenciado en el área del parque fue realizado con OpenWRT y sus utilidades Wireless para la frecuencia 2.4Ghz y 5Ghz, encontrando los canales disponibles y más limpios.

El dimensionamiento de la red y la calidad de servicio fue conforme a los requerimientos de velocidad de las aplicaciones más utilizadas como streaming, mensajería y redes sociales. Se estableció, tomando en cuenta el crecimiento y la demanda de los usuarios, una velocidad promedio de 1.5Mbps por usuario.

Esta red fue dimensionada para dar servicio a 100 usuarios en horas pico, basados en los datos desarrollados en población y muestra, donde mediante el uso de un muestreo aleatorio simple, se seleccionaron que 35 usuarios son de “alto consumo” y 65 usuarios de “uso medio”. El total de ancho de banda requerido resultó de 70 Mbps.

Configuración Red

Para configurar funcionalidades que le permitan al sistema introducir publicidad y controlar el acceso de usuarios a la red, fue necesario cambiar el sistema operativo del Router Wi-Fi al firmware software libre OpenWRT. Este software permite agregar los packages necesarios e integrar fácilmente con otras herramientas de software libre. En

la configuración del router, se establecieron los valores de red para las direcciones IP, políticas de firewall, configuraciones inalámbricas a 2.4Ghz y 5Ghz, se asignó el ESSID dejando el tipo de encriptación abierta para mejor acceso de los usuarios.

El portal cautivo para obtener información de los clientes se configura a través de SSH al punto de acceso. La autenticación de los usuarios tiene tres opciones: botón de continuar, ingresando nombre y correo electrónico, y utilizando el sistema de autenticación de FAS (Fast Authentication Service) que reenvía el proceso de validación de credenciales a otro servidor. Para la facilidad de uso de esta red comunitaria se seleccionó del botón de continuar.

La gestión de seguridad es a través de un proceso de autenticación web con el uso del splash page y colocando el dispositivo del cliente en una red virtual creada en el punto de acceso. Esta configuración se realiza seleccionando la función de Isolate Client que impide una comunicación directa entre los usuarios de la red.

En las redes comunitarias es crítico tener el control de las páginas que están disponibles, deben ser principalmente de entretenimiento para toda la familia y educativas, por esta razón se configuró el bloqueo de páginas basado en listado de blacklist de URLs. La aplicación Zero Tier se configuró para gestionar de manera fácil, rápida y segura el acceso al router por una VPN.

El monitoreo del tráfico de los usuarios, lista de usuarios conectados, tiempo de actividad, entre otras funciones importantes en la administración de la red se realizó utilizando la herramienta NetData. Los registros de autenticación son almacenados de manera temporal en el equipo, esta información es eliminada en caso de reinicio; en caso de querer tener esta información por más tiempo se debe realizar una configuración de almacenamiento externo.

RESULTADOS

El análisis de los factores que influyen en la cobertura y prestación del servicio planteados en esta investigación determinó que el diseño de red que proporciona un óptimo funcionamiento del servicio de Wi-Fi para los usuarios del parque piedras vivas, está compuesto por 2 router Wi-Fi conectados a la red de internet vía un switch. La arquitectura de red puede ser visualizada en la figura 1.

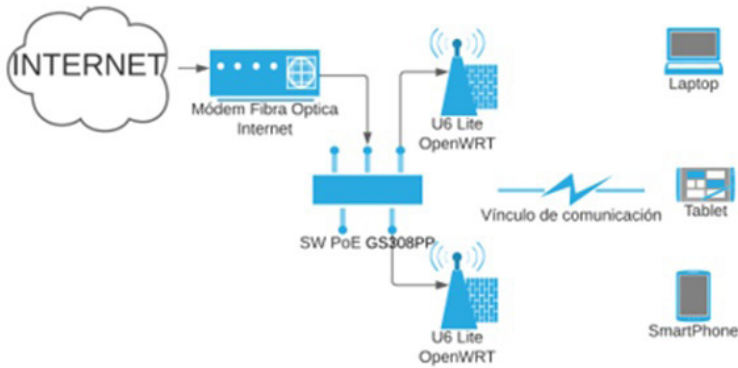


Figura 1. Arquitectura de red.

Tomando en cuenta una calidad de servicio de velocidad 1.5Mbps y un promedio de 70 Mbps para 100 personas en hora pico, se recomienda una conexión a internet de 100Mbps, considerando un margen de capacidad y de proyección de crecimiento de 30%. Este ancho de banda puede ser suplido vía fibra, enlace de radio o satelital. El módem de fibra mostrado en la arquitectura debe ser modificado según la tecnología.

El mapa de calor que simula la cobertura en el área del parque Piedras Vivas dió como resultado la figura 2 para las frecuencias 2.4Ghz y 5Ghz. El resultado de la simulación de cobertura fue similar para ambas frecuencias, obteniendo muy buena calidad en todo el entorno del parque, al ser un espacio al aire libre.

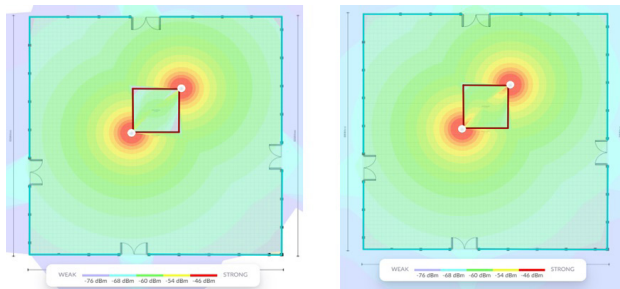


Figura 2. Mapa de calor. Izquierda 5Ghz. Derecha 2 Ghz.

En la figura 3 se muestra un ejemplo de una publicidad en la página de bienvenida, en este punto el usuario no puede navegar, pero el terminal posee acceso a internet, de manera que se puede mostrar videos, imágenes, gif y todo tipo de contenido multimedia desde cualquier servidor web en internet como publicidad. Una vez el usuario presiona el botón de continuar, la conexión estará activa por 2 horas; luego de este tiempo, el sistema obliga al usuario ver publicidad para obtener otras 2 horas de navegación en internet. Este tiempo puede ser configurado.



Figura 3. Página de inicio con publicidad.

CONCLUSIONES

- La arquitectura de red propuesta para una red de internet comunitaria en un parque público resultó ser una buena opción para ofrecer una plataforma técnica que brinde publicidad comercial que permita generar ingresos económicos.
- Este diseño de red también contempló un modelo de gestión basado en herramientas de software libre lo que permite que su ejecución sea económica y de fácil acceso.
- Se tomaron en cuenta los puntos importantes para el usuario como facilidad de uso y velocidades de navegación de acuerdo con las necesidades de las aplicaciones más usadas. Adicional, se ofrecen opciones de gestión del acceso de los usuarios y seguridad de información que facilitan el trabajo de gestión y mantenimiento.

REFERENCIAS

A4AI. (2017). *Informe de Asequibilidad*. Obtenido de: http://a4ai.org/wp-content/uploads/2017/03/A4AI-RD_Presentacion-28-de-marzo-2017_Informe-de-Asequibilidad.pdf

Internet Society. (s.f.). *Community networks*. Obtenido de: <https://www.internetsociety.org/es/action-plan/2022/community-networks/>

ONU, C. D. (27 de junio de 2016). *Promoción, protección y disfrute de los derechos humanos*. Obtenido de: A/HRC/32/L.20: <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/LTD/G16/131/92/PDF/G1613192.pdf?OpenElement>



Instituto Especializado
de Estudios Superiores

LOYOLA

 www.ipl.edu.do   [@politécnicoloyola](https://www.instagram.com/politecnicoloyola)  [@loyolaipl](https://twitter.com/loyolaipl)

C/ Padre Ángel Arias No.1, San Cristóbal, Rep. Dom.
· Tel.: 809-528-4010 · Ext.: 3001 / Correo: loyola@ipl.edu.do