

Anexo N°1

Tabla con el cálculo de las frecuencias generadas por la etapa de control

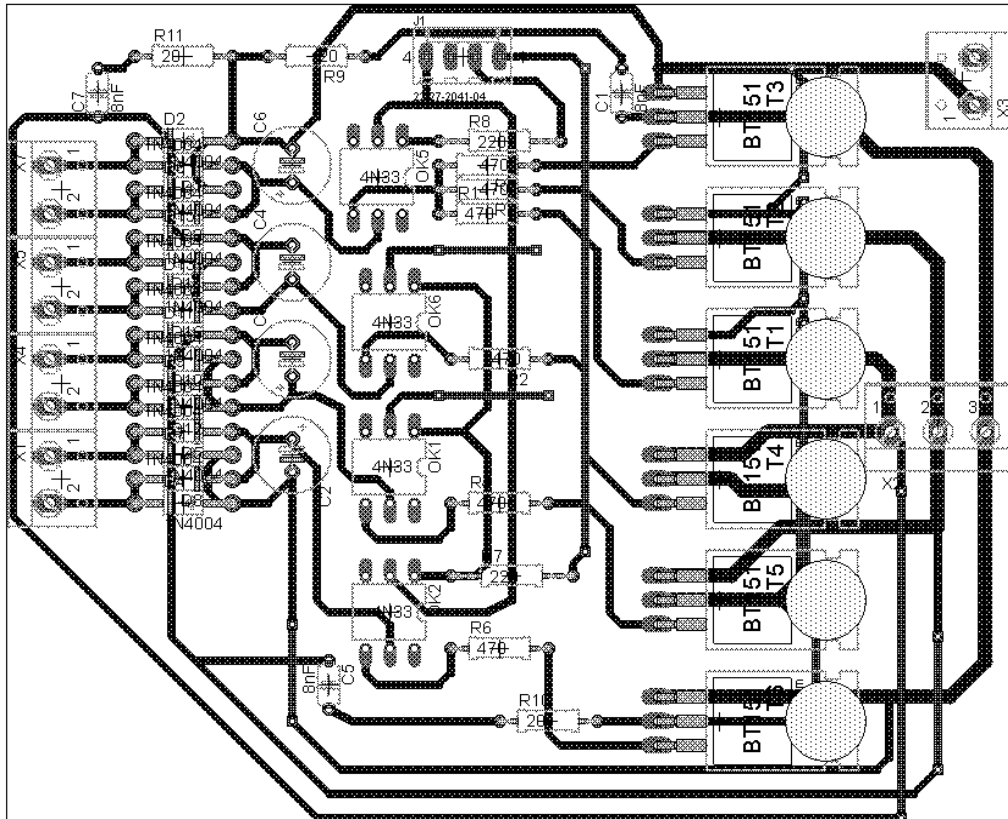
| Fase R | | | | | |
|--------|----------|--------------|------------|-----------|------------|
| Combas | Señal | Período (ms) | Duty Cycle | Fase (ms) | Frecuencia |
| 1 | positiva | 16.67 | 5 | 1.39 | 60.0 |
| 1 | negativa | 16.67 | 5 | 9.72 | |
| 2 | positiva | 27.74 | 25 | 1.39 | 36.0 |
| 2 | negativa | 27.74 | 25 | 15.26 | |
| 3 | positiva | 38.81 | 25 | 1.39 | 25.8 |
| 3 | negativa | 38.81 | 25 | 20.80 | |
| 4 | positiva | 49.89 | 40 | 1.39 | 20.0 |
| 4 | negativa | 49.89 | 40 | 26.33 | |

| Fase S | | | | | |
|--------|----------|--------------|------------|-----------|------------|
| Combas | Señal | Período (ms) | Duty Cycle | Fase (ms) | Frecuencia |
| 1 | positiva | 16.67 | 5 | 6.95 | 60.0 |
| 1 | negativa | 16.67 | 5 | 15.28 | |
| 2 | positiva | 27.74 | 25 | 6.95 | 36.0 |
| 2 | negativa | 27.74 | 25 | 20.82 | |
| 3 | positiva | 38.81 | 25 | 6.95 | 25.8 |
| 3 | negativa | 38.81 | 25 | 26.35 | |
| 4 | positiva | 49.89 | 40 | 6.95 | 20.0 |
| 4 | negativa | 49.89 | 40 | 31.89 | |

| Fase T | | | | | |
|--------|----------|--------------|------------|-----------|------------|
| Combas | Señal | Período (ms) | Duty Cycle | Fase (ms) | Frecuencia |
| 1 | positiva | 16.67 | 5 | 12.50 | 60.0 |
| 1 | negativa | 16.67 | 5 | 20.83 | |
| 2 | positiva | 27.74 | 25 | 12.50 | 36.0 |
| 2 | negativa | 27.74 | 25 | 26.37 | |
| 3 | positiva | 38.81 | 25 | 12.50 | 25.8 |
| 3 | negativa | 38.81 | 25 | 31.91 | |
| 4 | positiva | 49.89 | 40 | 12.50 | 20.0 |
| 4 | negativa | 49.89 | 40 | 37.44 | |

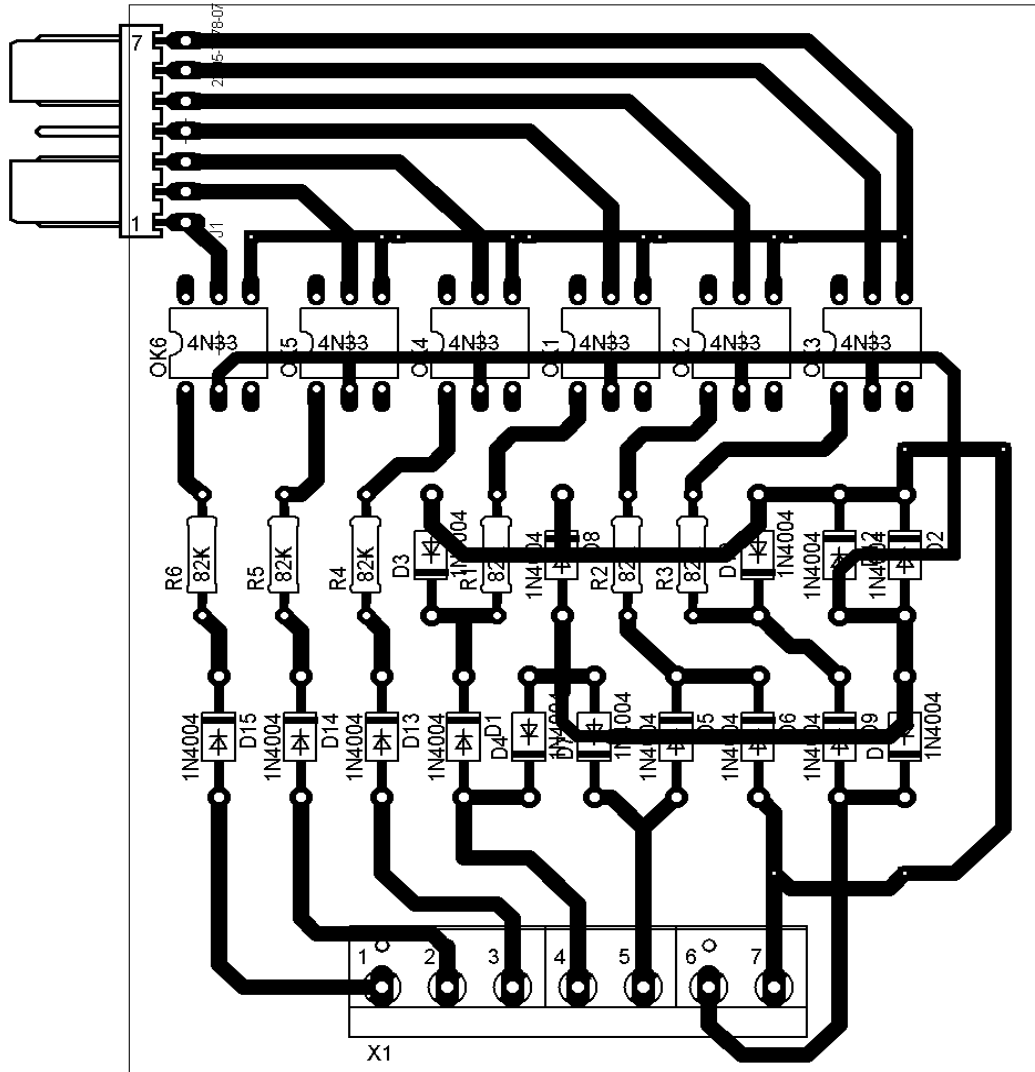
Anexo N°2

Diagrama del circuito impreso de la etapa de potencia



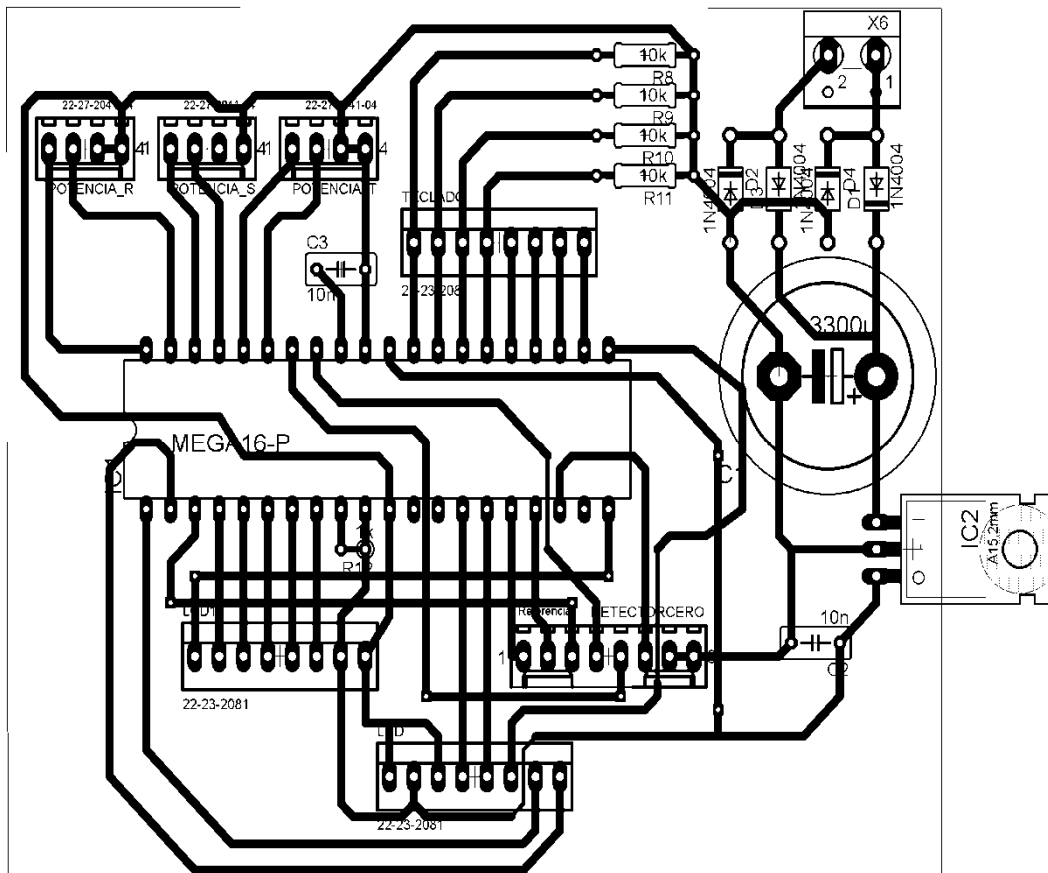
Anexo N°3

Diagrama del circuito impreso del detector de cruce por cero



Anexo N°4

Diagrama del circuito impreso de la tarjeta de control



Anexo N°5

Programa del microcontrolador

```

#include <avr\io.h>          // Most basic include files
#include <avr\interrupt.h>   // Add the necessary ones
#include <avr\signal.h>     // here
//#include "funciones.h"

unsigned int contador,contador1;
unsigned int delay;
char
var,fase,sinc,sinc1,sinc2,habilita_faseS=0,habilita_faseT=0,var1,sreg,bandera=0xFF;
unsigned char pulsador, frecuencia,linea,status=0,status1=0,status2=0,cuentapos;
int cuenta=0,cuenta0,cuenta1,cuenta2,ancho=150;
float cuenta_disp;
unsigned char teclado=0; //contienes la tecla que se presiona en hex
unsigned char lcd[16];

SIGNAL(SIG_INTERRUPT0)
{
sreg=SREG;
cuenta0++;
if (status)
{
    if (cuenta>=cuenta0)
    {
        do
        {
            var=PINA;
            var=var&0x80;
        }
        while (var==0);

        PORTA=0x01|PORTA;          // PA0 comba negativa
        var=PORTA;
        var=var&0xFD;
        PORTA=var;
    }
}
}

```

```
        status=0xFF;
    if(cuenta<=cuenta0)
    {
        cuenta0=0;
        status=0;
    }
}
else
{
    if (cuenta>=cuenta0)
    {
        do
        {
            var=PINA;
            var=var&0x80;
        }
        while (var==0);

        PORTA=0x02|PORTA; // PA1 comba positiva
        var=PORTA;
        var=var&0xFE;
        PORTA=var;
        if(cuenta<=cuenta0)
        {
            cuenta0=0;
            status=0xFF;
        }
    }
}

if (status)
{
    if (cuenta<=0)
    {
        do
```

```
{
    var=PINA;
    var=var&0x80;
}
while (var==0);
PORTA=0x01|PORTA;           // PA0 comba negativa
var=PORTA;
var=var&0xFD;
PORTA=var;
status=0xFF;
var=var&0xFE;
PORTA=var;
if(cuenta<=cuenta0)
{
    cuenta0=0;
    status=0;
}
}
}
else
{
if (cuenta==0)
{
    do
    {
        var=PINA;
        var=var&0x80;
    }
    while (var==0);
PORTA=0x02|PORTA;           // PA1 comba positiva
var=PORTA;
var=var&0xFE;
PORTA=var;
var=var&0xFD;
PORTA=var;
```

```
        if(cuenta<=cuenta0)
        {
            cuenta0=0;
            status=0xFF;
        }
    }
}
SREG=sreg;
}
```

```
SIGNAL(SIG_INTERRUPT1)
{
    sreg=SREG;
    cuenta1++;
    if (status1)
    {
        if (cuenta>=cuenta1)
        {
            do
            {
                var=PINA;
                var=var&0x40;
            }
            while (var==0);

            PORTA=0x04|PORTA;           // PA2 comba negativa
            var=PORTA;
            var=var&0xF7;
            PORTA=var;
            status1=0xFF;
        }
        if(cuenta<=cuenta1)
        {
            cuenta1=0;
            status1=0;
        }
    }
}
```



```
}  
}  
else  
{  
if (cuenta>=cuenta1)  
{  
    do  
    {  
        var=PINA;  
        var=var&0x40;  
    }  
    while (var==0);  
  
    PORTA=0x08|PORTA;        // PA3 comba positiva  
    var=PORTA;  
    var=var&0xFB;  
    PORTA=var;  
if(cuenta<=cuenta1)  
{  
    cuenta1=0;  
    status1=0xFF;  
}  
}  
}  
  
if (status1)  
{  
if (cuenta==0)  
{  
    do  
    {  
        var=PINA;  
        var=var&0x40;  
    }  
    while (var==0);  
    PORTA=0x04|PORTA;        // PA2 comba negativa
```

```
        var=PORTA;
        var=var&0xF7;
        PORTA=var;
        status1=0xFF;
        var=var&0xFB;
    PORTA=var;
    if(cuenta<=cuenta1)
    {
        cuenta1=0;
        status1=0;
    }
}
}
else
{
    if (cuenta==0)
    {
        do
        {
            var=PINA;
            var=var&0x40;
        }
        while (var==0);
        PORTA=0x08|PORTA; // PA3 comba positiva
        var=PORTA;
        var=var&0xFB;
        PORTA=var;
        var=var&0xF7;
        PORTA=var;

        if(cuenta<=cuenta1)
        {
            cuenta1=0;
            status1=0xFF;
        }
    }
}
```

```
}  
SREG=sreg;  
}  
  
SIGNAL(SIG_INTERRUPT2)  
{  
sreg=SREG;  
cuenta2++;  
if (status2)  
{  
if (cuenta>=cuenta2)  
{  
do  
{  
var=PIND;  
var=var&0x10;  
}  
while (var==0);  
PORTA=0x10|PORTA; // PA0 comba negativa  
var=PORTA;  
var=var&0xDF;  
PORTA=var;  
status2=0xFF;  
if(cuenta<=cuenta2)  
{  
cuenta2=0;  
status2=0;  
}  
}  
}  
else  
{  
if (cuenta>=cuenta2)  
{  
do  
{
```

```
        var=PIND;
        var=var&0x10;
    }
    while (var==0);

    PORTA=0x20|PORTA;           // PA1 comba positiva
    var=PORTA;
    var=var&0xEF;
    PORTA=var;
    if(cuenta<=cuenta2)
    {
        cuenta2=0;
        status2=0xFF;
    }
}
}

if (status2)
{
    if (cuenta==0)
    {
        do
        {
            var=PIND;
            var=var&0x10;
        }
        while (var==0);
    }
    PORTA=0x10|PORTA;           // PA0 comba negativa
    var=PORTA;
    var=var&0xDF;
    PORTA=var;
    status2=0xFF;
    var=var&0xEF;
    PORTA=var;
    if(cuenta<=cuenta2)
    {
```

```
        cuenta2=0;
        status2=0;
    }
}
else
{
    if (cuenta==0)
    {
        do
        {
            var=PIND;
            var=var&0x10;
        }
        while (var==0);
        PORTA=0x20|PORTA; // PA1 comba positiva
        var=PORTA;
        var=var&0xEF;
        PORTA=var;
        var=var&0xDF;
        PORTA=var;

        if(cuenta<=cuenta2)
        {
            cuenta2=0;
            status2=0xFF;
        }
    }
}
SREG=sreg;
}
```

```
// *****  
  
// Main program  
//  
int main(void)  
{  
  
    DDRA=0x3F;  
    PORTC=0xFF;  
    DDRC=0x0F;  
    configura_puertos_LCD();  
    retardox_LCD();  
    configura_LCD();  
    limpio_LCD();  
    write_IR(0x02);  
    envia_cadena(" Iniciando");  
  
    while(delay<60000)  
    {  
        delay++;  
    }  
    delay=0;  
    while(delay<60000)  
    {  
        delay++;  
    }  
    delay=0;  
  
    // configuracion de interrupcion por flanco de bajada  
    PORTD=(1<<PD2|1<<PD3|1<<PD4);  
    PORTB=(1<<PB2);  
    PORTA=(1<<PA7|1<<PA6);  
    MCUCR=(1<<ISC01)|(1<<ISC11);  
    MCUCSR=(1<<ISC11);  
    GICR=(1<<INT0|1<<INT1|1<<INT2);
```

```
sei());
```

```
while(1)
```

```
{
```

```
    pulsador=PINC;
```

```
    pulsador=pulsador&0xC0;
```

```
    if(pulsador==0x80)
```

```
    {
```

```
        do
```

```
        {
```

```
            pulsador=PINC;
```

```
            pulsador=pulsador&0xC0;
```

```
        }
```

```
        while(pulsador==0x80);
```

```
    if(cuenta<60)
```

```
    cuenta++;
```

```
    switch (cuenta)
```

```
    {
```

```
    case 1:
```

```
        cuenta_disp=60;
```

```
        break;
```

```
    case 2:
```

```
        cuenta_disp=36;
```

```
        break;
```

```
    case 3:
```

```
        cuenta_disp=25.8;
```

```
        break;
```

```
    case 4:
```

```
        cuenta_disp=20;
```

```
        break;
```

```
    case 5:
```

```
        cuenta_disp=16.4;
```

```
        break;
```

```
    case 6:
```

```
cuenta_disp=13.9;
break;
case 7:
cuenta_disp=12;
break;
case 8:
cuenta_disp=10.6;
break;
case 9:
cuenta_disp=9.5;
break;
case 10:
cuenta_disp=8.6;
break;
case 11:
cuenta_disp=7.8;
break;
default:
cuenta_disp=99;
break;
}

sprintf(lcd, "%.1f", cuenta_disp);
limpio_LCD();
write_IR(0x02);
envia_cadena("Frecuencia:");
envia_cadena(lcd);
envia_cadena(" Hz");
}

if(pulsador==0x40)
{
    do
    {
        pulsador=PINC;
        pulsador=pulsador&0xC0;
    }
}
```



```
while(pulsador==0x40);  
if (cuenta>=1)  
{  
cuenta--;  
cuenta0=0;  
cuenta1=0;  
cuenta2=0;  
}  
switch (cuenta)  
{  
case 1:  
cuenta_disp=60;  
break;  
case 2:  
cuenta_disp=36;  
break;  
case 3:  
cuenta_disp=25.8;  
break;  
case 4:  
cuenta_disp=20;  
break;  
case 5:  
cuenta_disp=16.4;  
break;  
case 6:  
cuenta_disp=13.9;  
break;  
case 7:  
cuenta_disp=12;  
break;  
case 8:  
cuenta_disp=10.6;  
break;  
case 9:  
cuenta_disp=9.5;  
break;
```

```
case 10:  
    cuenta_disp=8.6;  
    break;  
case 11:  
    cuenta_disp=7.8;  
    break;  
default:  
    cuenta_disp=99;  
    break;  
}  
sprintf(lcd,"%0.1f",cuenta_disp);  
limpio_LCD();  
write_IR(0x02);  
envia_cadena("Frecuencia:");  
envia_cadena(lcd);  
envia_cadena(" Hz");  
cuenta2=0;  
}  
}  
}
```

Anexo N°6

Tabla de resistencia térmica de aisladores

| RESISTENCIA TERMICA CONTENEDOR -DISIPADOR | | | | |
|---|---------------------------|-----------------------------|-------------------|----------------------------|
| Tipo de contenedor | Contacto directo sin mica | Contacto directo y silicona | Contacto con mica | Contacto con mica silicona |
| TO.5 | 1 | 0,7 | -- | -- |
| TO.39 | 1 | 0,7 | 2 | 1,5 |
| TO.126 | 1,4 | 1 | 1,4 | 1,3 |
| TO.220 | 0,8 | 0,5 | 1,4 | 1,2 |
| TO.202 | 0,8 | 0,5 | 1,4 | 1,2 |
| TO.152 | 0,8 | 0,5 | 1,2 | 0,9 |
| TO.90 | 0,5 | 0,3 | 1 | 0,7 |
| TO.3P. | 0,4 | 0,2 | 2,1 | 1,5 |
| TO.59 | 1,2 | 0,7 | | |
| TO.117 | 2 | 1,7 | -- | -- |
| SOT.48 | 1,8 | 1,5 | | |
| DIA.4L | 1,1 | 0,7 | | |
| TO.66 | 1,1 | 0,65 | | |



Anexo N°7
Presupuesto

| Etapa de potencia | | | | |
|--------------------------|----------------------------------|-----------------|---------------------|--------------|
| Item | Descripción | Cantidad | Precio (S/.) | Total |
| 1 | PCB | 3 | 3 | 9 |
| 2 | SCR | 18 | 2.5 | 45 |
| 3 | Optoacopladores | 12 | 2 | 24 |
| 4 | Diodos | 48 | 0.1 | 4.8 |
| 5 | Condensadores | 12 | 0.8 | 9.6 |
| 6 | Resistencias | 24 | 0.03 | 0.72 |
| 7 | Molex (4 pines) | 3 | 0.8 | 2.4 |
| 8 | Conectores de tornillo (2 pines) | 15 | 1 | 15 |
| 9 | Conectores de tornillo (3 pines) | 3 | 1.5 | 4.5 |
| 10 | Transformador | 2 | 12 | 24 |

Total**S/. 139.02**

| Etapa de Control | | | | |
|-------------------------|----------------------------------|-----------------|---------------|--------------|
| Item | Descripción | Cantidad | Precio | Total |
| 1 | PCB | 2 | 3 | 6 |
| 2 | LCD | 1 | 20 | 20 |
| 3 | ATMEGA | 1 | 20 | 20 |
| 4 | Teclado | 1 | 23 | 23 |
| 5 | Lm7805 | 1 | 1 | 1 |
| 6 | Diodos | 16 | 0.1 | 1.6 |
| 7 | Condensador | 1 | 2 | 2 |
| 8 | Molex (4 pines) | 5 | 0.8 | 4 |
| 9 | Molex (8 pines) | 2 | 1.5 | 3 |
| 10 | Conectores de tornillo (2 pines) | 3 | 1 | 3 |
| 11 | Optoacopladores | 3 | 2 | 6 |
| 12 | Resistencias | 3 | 0.1 | 0.3 |
| 13 | Transformador | 1 | 12 | 12 |
| 14 | Disipador | 1 | 0.5 | 0.5 |
| 15 | Cable plano | 1 | 4 | 4 |

Total**S/. 106.40**